

BOLETIM DE DIVULGAÇÃO

Nº 32

ELEMENTOS BÁSICOS DE TELEDETECÇÃO
POSSIBILIDADES DA SUA APLICAÇÃO
NA INVESTIGAÇÃO PESQUEIRA EM MOÇAMBIQUE

por

António Mubango Hogueane

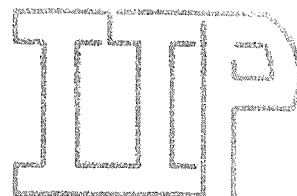
Instituto de Investigação Pesqueira

MAPUTO

O Boletim de divulgação é uma publicação do Instituto de Investigação Pesqueira que tem por objectivo levar ao sector pesqueiro informação que lhe pode ser util. Assim, neste boletim não se publicam apenas resultados dos trabalhos feitos no Instituto; publicam-se também trabalhos feitos nas empresas ou noutros organismo do sector pesqueiro. O boletim também divulga artigos baseados em informação contida na literatura técnica especializada recebida pelo Departamento de Documentação e Informação.

Cópias adicionais desta e outras publicações do Instituto de Investigação Pesqueira deverão ser pedidos a:

Departamento de Documentação e Informação
Instituto de Investigação Pesqueira
Caixa Postal 4603
Avda. Mao Tse Tung 387
Maputo - Moçambique
Telefone: 74 21 12
Telex: 6497 Peixe mo



Boletim de Divulgação

Nº 32

ELEMENTOS BÁSICOS DE TELEDETEÇÃO E POSSIBILIDADES
DA SUA APLICAÇÃO NA INVESTIGAÇÃO PESQUEIRA
EM MOÇAMBIQUE

por

António Mubango Henguane

Junho, 1990

ÍNDICE

	Pags
ABSTRACT/RESUMO.....	1
1. INTRODUÇÃO	3
2. FUNDAMENTOS DE TELEDETECCÃO.....	
2.1 Radiação Electromagnética e suas propriedades.....	3 - 5
2.2 Espectro Electromagnético	5
2.3 Sistema de Teledeteccão	6
2.4 Interação da Radiação com Hidrosfera	6 - 7
3. NATUREZA DOS SENSORES.....	7
4. SATELITES COMO PLATAFORMA	
4.1 Sistemas de satélites	7 - 8
4.2 Satélites principais no levantamento dos recursos da terra	8 - 9
4.2.1 Série Landsat	9
4.2.2 Série SPOT	9
4.2.3 Seasat	9 - 10
4.3 Satélites Meteorológicos	10
4.3.1 Satélites Meteorológicos Polo-orbitários	
4.3.1.1 Série Nimbus	10
4.3.1.2 Série NOAA	10
4.3.2 Satélites Meteorológicos Geostacionários-Meteosat...	11
4.4 Alguns satélites previstos para o futuro	11 - 12
5. TRANSMISSÃO DOS DADOS DOS SATELITES PARA TERRA.....	12
6. PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SATELITES.....	12
6.1 Correções Geométrica e Radiométrica.....	12 - 13
6.2 Melhoramento de imagem	13
7. APLICAÇÃO NA INVESTIGAÇÃO PESQUEIRA.....	14
7.1 Temperatura	14
7.2 Circulação	14 - 15
7.3 Cor da água	15
8. CARACTERÍSTICAS OCEANOGRÁFICAS GERAIS DAS ÁGUAS DE MOÇAMBIQUE E POSSIBILIDADES DA DETECÇÃO REMOTO NA INVESTIGAÇÃO PESQUEIRA.....	16 - 17
9. CONCLUSÕES	17 - 18
10 . REFERÊNCIAS	19 - 21
FIGURAS.....	23 - 49
APENDIX - Lista de preços extraído de KLOSTER et al. 1987	

ABSTRACT

Mozambique has a large Exclusive Economic Zone (EEZ). Satellite remote sensing combined with ground observations would help in the research undertaken for fisheries purposes. NOAA could be applied for sea surface temperature mapping of the open sea water as the thermal gradient is high enough here. Coastal zone dynamics would be remotely sensed by visible passive radiance, since colour contrast is here the relevant pattern. Landsat/MSS seems to be economically advantageous for this purpose. This knowledge would contribute to locate the areas adequate for the concentration of fisheries resources.

RESUMO

A Zona Económica Exclusiva (ZEE) da República Popular de Moçambique é bastante extensa. A técnica de teledetecção remota, coadjuvada pelas observações no terreno, pode ser aplicada com sucesso na investigação pesqueira. As imagens do NOAA podem ser usadas para elaboração de cartas de temperatura de superfície da água oceânica, cujos gradientes térmicos são suficientemente elevados para serem detectados à distância. A dinâmica das águas costeiras pode ser estudada a partir de sensores passivos na banda de luz visível, uma vez que o contraste na cor da água é maior nesta zona; Landsat/MSS parece ser a fonte de informação economicamente vantajosa para esse fim. Estes conhecimentos podem contribuir para a localização de áreas vulneráveis à concentração de recursos pesqueiros.

1. INTRODUÇÃO

Uma das preocupações dos pescadores é localizar os pesqueiros ou até mesmo prever as suas variações no tempo e no espaço bem com conhecer as condições da pesca.

Esses conhecimentos contribuem para o aumento do poder de pesca e, conseqüentemente, para melhoramento dos rendimentos.

As técnicas de detecção remota, ou simplesmente teledetecção, usando quer aviões (fotografia aérea) quer satélites, têm vindo a serem aplicadas com sucesso, tanto para a detecção directa de cardumes de espécies pelágicas, como indirectamente a partir do levantamento das zonas com condições favoráveis à ocorrência de concentrações (MOUCROT et. al. 1987). A previsão de zonas favoráveis aos recursos passa necessariamente pelo conhecimento dos seus hábitos, particularmente das suas aptidões ambientais.

A teledetecção usando satélites proporciona uma visão sinóptica de extensas áreas e com possibilidade de observação da mesma zona repetidas vezes (GAMMELSHOD, T. and SIMÕES, F.), aspecto fundamental no estudo dos fenómenos dinâmicos. Os satélites Seasat-A e Nimbus-7 foram projectados e lançados no espaço especificamente para detecção dos fenómenos oceanicos à distância, mas operaram durante pouco tempo: o Seasat-A operou apenas durante 105 dias (CURRAN, 1985). outros satélites, como os que foram projectados para o levantamento dos recursos da terra e os que foram concebidos para fins meteorológicos têm contribuído para a compreensão dos fenómenos marinhos.

Neste trabalho apresenta-se um resumo dos conceitos básicos de radiometria e física quântica, nos quais a ciência de teledetecção se baseia; faz-se um levantamento dos satélites e sensores úteis na detecção remoto dos fenómenos oceânicos e identificam-se, tendo em vista as características físico-químicas e biológicas das águas marinhas de Moçambique, aqueles que podem ter alguma aplicação na investigação dos recursos pesqueiros e dos fenómenos ambientais, com especial ênfase naqueles que se julga relevantes para a determinação da produtividade pesqueira. Sempre que possível evitou-se o uso de terminologia muito especializada. Pretende-se que este sirva de base de discussão na exploração das possibilidades de introdução desta técnica para propósitos de investigação pesqueira.

2. FUNDAMENTOS DE TELEDETECÇÃO

2.1 Radiação Electromagnética e suas Propriedades

A radiação electromagnética é uma forma de transmissão de energia através do espaço a qual apresenta propriedades de onda e

partícula. De acordo com as suas propriedades como onda, a energia electromagnética propaga-se no espaço com a velocidade da luz (3×10^{10} cm/s). Uma onda electromagnética é constituída por dois campos - eléctrico e magnético - ortogonais entre si, fig. 1. A onda pode ser descrita em termos de seu comprimento (λ) que é a distância entre dois picos de ondas adjacentes ou pela sua frequência (f) que é a quantidade de picos de ondas que passam num ponto fixo por unidade de tempo. O comprimento de onda e a frequência relacionam-se entre si pela seguinte fórmula:

$$Kf = c \quad \text{ou} \quad f = c/\lambda \quad [2.1]$$

onde "c" é a velocidade da luz.

Desta equação conclui-se que a frequência da onda varia inversamente com o comprimento da onda.

De acordo com a sua propriedade corpuscular a energia (E) é transferida em unidades discretas chamadas "quantas de energia" ou "fotões" (hipótese quântica de Planck). A energia relaciona-se com a frequência pela seguinte fórmula:

$$E = hf \quad [2.2]$$

onde $h = 6.6256 \times 10^{-27}$ erg.s é a constante de Planck.

Das fórmulas [2.1] e [2.2] obtêm-se a seguinte relação:

$$E = hc/\lambda \quad [2.3]$$

o que significa que a energia do fotão varia na proporção directa da frequência e inversa do comprimento de onda da radiação.

Wien estabeleceu que todos os corpos com temperatura absoluta acima de zero (0°K ou -273°C) emitam ondas electromagnéticas, cuja intensidade depende da temperatura e das propriedades ópticas do corpo irradiante; e, cujo comprimento de onda da radiação máxima (λ_{\max}) é dada pela seguinte fórmula:

$$\lambda_{\max} = \alpha/T \quad [2.4]$$

em que $\alpha = 2.9 \times 10^{-3}$ m.K é a constante de Wien e "T" é a temperatura absoluta do corpo irradiante.

De acordo com a lei de Stefan-Boltzman a emitância energética (Re) de um corpo irradiante é proporcional à quarta potência da sua temperatura absoluta:

$$Re = \xi \sigma T^4 \quad [2.5]$$

onde "ξ" é a emissividade do corpo irradiante (varia entre 0 e 1) e $\sigma = 5.67 \times 10^{-12}$ W/cm².K⁴ é a constante de Stefan-Boltzman. A

fig. 2 representa a variação da emissividade do corpo negro* em função do comprimento de onda a temperatura constante de diferentes valores.

2.2. Espectro Electromagnético

A radiação electromagnética ocorre como um contínuo de comprimentos de ondas e frequências desde ondas curtas, com altas frequências (ondas cósmicas) até ondas longas, com baixas frequências (ondas de rádio), fig.3. As radiações de interesse na tele-deteção são:

- ultravioleta, com comprimentos de onda entre 0.3-0.4 μm .
- visível, cujos comprimentos de onda estão entre 0.4 e 0.7 μm . Contém todas as cores da luz que podem ser perceptíveis pela vista humana.
- infravermelha, nos comprimentos de onda entre 0.7 μm e 14 μm . É característica da radiação emitida pela superfície da terra e pelos corpos que nela existem.
- micro-ondas, nos comprimentos de onda entre 3mm e 300cm. São usadas nos sensores activos tais como o sistema de radar. Embora, teoricamente, um radar possa operar com qualquer radiação desde ultra-violeta até ondas de rádio.

A utilização de radiação ultravioleta usando satélites é limitada pelo facto de ser muito absorvida pelo ozono nas camadas superiores da atmosfera.

A radiação infravermelha pode ser dividida em duas partes: a infravermelha proximal com comprimentos de onda entre 0.7 e 0.9 μm . Apresenta alta reflectância por parte da vegetação e baixa reflectância das superfícies líquidas. E a infravermelha termal com comprimentos de onda entre 3.5 e 14 μm . Esta inclui radiação terrestre relacionada com a emissão térmica. O pico de emissão radiante da superfície terrestre ocorre na região de 8-14 μm do espectro. Por essa razão esta banda é utilizada para a maioria das aplicações no estudo da Terra e dos seus recursos.

* Chama-se corpo negro ao corpo que absorve totalmente toda a radiação que nele incide sem reflectir nem refractar nada.

2.3. Sistema de Teledetecção

A teledetecção usando radiação electromagnética tem quatro componentes: uma fonte de energia, meio de propagação, interacção com o alvo e captação pelo sensor.

A fonte pode ser natural como por exemplo o Sol, a Terra e os objectos que nele existem, ou artificial como é o caso dos radares. A teledetecção diz-se passiva ou activa conforme usa uma fonte natural ou artificial. Na teledetecção passiva emprega-se radiação de luz visível e infravermelha reflectida e infravermelha térmica emitida pela superfície terrestre. Na teledetecção activa empregam-se as micro-ondas, como foi referido acima.

A energia electromagnética emitida por uma fonte no espaço propaga-se através da atmosfera e depois de interacção com a superfície da Terra, é captada pelos sensores colocados no espaço. Durante o percurso parte dessa energia é absorvida, difundida, reflectida e dispersa tanto na atmosfera como na superfície terrestre. A quantidade de energia reflectida ou emitida da superfície depende das características dos objectos nela existentes. A fig.4 ilustra sistema de teledetecção, usando fontes natural e artificial.

2.4. Interacção da Radiação com a Hidrosfera

A diferença do que sucede com a vegetação e o solo, a maior parte do fluxo radiante incidente na água não é reflectida, mas absorvida ou dispersa. Nos comprimentos de onda da luz visível existe uma pequena porção de energia que é reflectida (luz azul e verde) embora grande parte de luz azul seja dispersa. A radiação infravermelha é quase completamente absorvida nos primeiros centímetros de profundidade. Esta propriedade é muitas das vezes utilizada para delimitar a fronteira entre a água e a terra. A fig. 5 mostra a curva de absorção da radiação pela água em função do comprimento de onda.

Os factores que afectam a variabilidade espacial na reflectância de um corpo de água são geralmente determinados pelas características do meio ambiente. Os três principais factores são: a profundidade, os materiais em suspensão e a rugosidade da superfície. Nas águas pouco profundas parte da radiação pode atingir o fundo e, deste modo, ser reflectida não somente pela água mas pelo fundo também. Os principais materiais em suspensão na água são os sedimentos não orgânicos e o plâncton. A presença de sedimentos na água aumenta a reflectância da radiação de luz visível, fig.6-a (imagem de Maputo registada pelo Spot). A água que contém clorofila tem propriedades de reflectância semelhantes, pelo menos em

parte, às da vegetação. No entanto, a concentração deve ser suficientemente alta para compensar os efeitos do meio (água).

3. NATUREZA DOS SENSORES

Os sensores (ou radiômetros por medirem a radiação) mais usados em teledetecção são: a convencional câmara fotográfica, instrumentos óptico-mecânicos de varrimento linear "scanners" e sistemas de radar.

As câmaras fotográficas detectam energia na banda do visível e do infravermelho proximal. Registrando-a quer em filmes a preto e branco como em coloridos. Por vezes usam-se filtros especiais, na altura em que se revelam as imagens, com o objectivo de aumentar o contraste de tonalidades. A fotografia aérea tem sido usada na cartografia e monitorização, especialmente na agricultura e florestas, ecologia, geologia e geomorfologia e na hidrografia e oceanografia. Na hidrografia tem sido usada com sucesso nas zonas com grande contraste de tonalidade, como por exemplo, nas zonas estuarinas e costeiras em geral, na monitorização das descargas dos rios e na delimitação do leito e da linha de costa.

Os radiômetros modernos "scanners" podem registar a energia em qualquer região do espectro usando detectores sensíveis à radiação em vários canais espectrais "multispectral scanners", podendo medir simultaneamente. Os dados obtidos por estes instrumentos possuem geralmente resolução radiométrica relativamente alta maior e podem ser guardados em forma digital o que permite correcções e análise quantitativa.

Os radares podem penetrar as nuvens e, deste modo, estão em vantagem em relação ao método fotográfico. As imagens obtidas por meio destes sensores fornecem dados sobre a rugosidade da superfície da terra (relevo) e dos oceanos (ondas) para além de informação sobre a direcção e velocidade do vento. Os radares altimétricos dão indicação da altitude de voo do satélite ou avião.

4. SATELITES COMO PLATAFORMA

4.1. Sistemas de Satélites

Os sensores, referidos atrás, são colocados em aviões, roquetes, balões ou satélites de modo a obterem imagens de áreas extensas. Os satélites oferecem condições de uma plataforma ideal no espaço para sensores remotos. Giram em volta da terra seguindo uma órbita esférica; ao contrário dos aviões e roquetes, os satélites podem permanecer no espaço por um período muito longo (podendo, por conseguinte, observar constantemente a superfície da terra).

Existem muitos tipos de satélites no espaço, concebidos para diferentes fins, como por exemplo: satélites de comunicação, concebidos para estabelecer ligações telefônica/televisivas, rádio, etc.; outros para fins militares, concebidos principalmente para espionagem; meteorológicos, concebidos para monitorização e previsão do tempo e, os de levantamento dos recursos da terra (de interesse no levantamento, investigação e monitorização dos recursos da terra), incluindo os rios e oceanos e os recursos que neles existem. Independentemente do objectivo para que um satélite foi concebido, a sua aplicação pode ser estendida para outras áreas (muitos satélites concebidos para uma dada área tem sido aplicados com sucesso em outras áreas).

Geralmente os satélites meteorológicos levam a bordo sensores com baixa resolução espacial (0.75 km ou menor) e com maior frequência de observação. Estas características visam responder, por um lado, à extensão (relativamente maior) que os fenómenos meteorológicos ocupam e à sua rápida variabilidade temporal, por outro. Os satélites de levantamento dos recursos da terra levam a bordo sensores com elevada resolução espacial (inferior a 250 metros) e com um ciclo de observação inferior a duas semanas.

Os satélites de levantamento dos recursos da terra e do meio ambiente podem ser classificados em três tipos, de acordo com as características das suas órbitas: primeiro, os que possuem órbita circo-polar e síncrona solar; os que possuem órbita geostacionária (equatorial); e finalmente os que possuem órbita não síncrona solar.

Os satélites com órbita síncrona solar possuem velocidade angular tal que os nodos de ascensão de cada órbita do satélite ocorrem à mesma hora local. Isto significa que o ângulo entre o Sol e o plano da órbita do satélite mantém-se constante e, consequentemente o ângulo de iluminação do Sol é o mesmo em todas as vezes que o satélite passa numa dada posição. Estes satélites orbitam a uma altitude de cerca de 1000 km. São exemplos destes satélites a série dos Landsat e Tiros/NOAA.

Os geostacionários mantêm-se sobre um ponto específico à superfície da terra. Orbitam a uma altitude de cerca de 36000 km (única altitude possível) e movem-se na mesma direcção e velocidade de rotação da Terra, daí que observam constantemente a mesma superfície da Terra. São exemplos destes satélites as séries dos satélites de comunicação, Meteosat e SMS/GOES.

Os satélites mais importantes no levantamento dos recursos da terra e do ambiente que não pertencem nem aos polo-orbitários síncrona solar nem aos geostacionários são o Seasat, Nimbus-7 e Spot.

4.2. Satélites principais no levantamento dos recursos da terra.

Nas tabelas 1 e 2 resumem-se as principais características de alguns satélites e sensores úteis na investigação dos mares.

4.2.1. Série Landsat

Estes satélites pertencem a NASA "National Aeronautics and Space Administration" de Estados Unidos. Foram projectados para observação da terra (litosfera, biosfera, e hidrosfera). Possuem uma órbita síncrona solar a cerca de 950 Km de altitude e passam pelo mesmo nadir depois de 16-18 dias. O primeiro desta série foi lançado em 22 de Junho de 1970. Os primeiros três satélites constituíram a primeira geração desta série, voavam na mesma órbita e tinham os sistemas de captação de imagens semelhantes. Levavam a bordo uma câmara televisiva "Return Beam Vidicon" (RBV) e um radiômetro multi-espectral de varrimento linear "Multispectral Scanning System" (MSS). Este último instrumento regista imagens numa cena, de 185kmx185km, com resolução espacial de 80 metros em 4 diferentes bandas espectrais, cobrindo os comprimentos de onda da radiação de luz verde, vermelha e infravermelha proximal. Com o lançamento de Landsat-4, Julho de 1982 iniciou-se a segunda geração dos satélites com alta resolução. A nova geração dos Landsat leva a bordo para além do RBV e do MSS, o "Thematic Mapper" (TM), um radiômetro multispectral que regista imagem em 7 bandas espectrais cobrindo os comprimentos de onda de luz azul, verde, e vermelha e infravermelha. Regista imagem numa cena de 185 km de lado com resolução espacial de 30 metros. O RBV produz imagens idênticas às do MSS.

4.2.2. Série SPOT

SPOT-1, o primeiro desta série, foi lançado em Fevereiro de 1986 pelo governo Francês. O lançamento de SPOT-2 está prevista para 1989/90. As características gerais deste serão semelhantes às do primeiro: uma altitude de voo de cerca de 822 km e uma órbita circular, heliosíncronal; passa pelo mesmo nadir depois de 26 dias; dois radiômetros idênticos a bordo, "Haute Resolution Visible" (HRV), com elevada resolução espacial, acoplados perpendicularmente ao sentido da órbita. Cada um cobre (por cena) uma área de 60 km de lado com sobreposição lateral de 3 km. Registam a imagem no modo pancromático (P) e no modo multi-espectral (XS) com a resolução espacial de 10 e 20 metros respectivamente. A imagem em modo espectral é obtida em três bandas na luz verde, vermelha e infravermelho proximal.

4.2.3. Seasat

Foi o primeiro satélite projectado para observação dos oceanos com sensores de microndas. Pertenceu a NASA. Foi lançado em Junho de 1978 e apenas funcionou até Outubro do mesmo ano. Possuía

uma órbita não síncrona solar a uma altitude de voo de 800 km. Estava projectado a passar pelo mesmo nadir depois de cinco meses. Levava a bordo cinco sensores dos quais dois, o radiômetro de radiação passiva "Visible and infrared radiometer" (VIR) e o radar "Syntectic Aperture Radar" (SAR). O radiômetro registou imagens em duas bandas espectrais: visível e infravermelho térmico com uma resolução espacial de 2 e 4 km respectivamente. O radar operou no comprimento de onda de 23.5 cm (banda L) e produziu imagens com resolução espacial de 25 metros.

4.3. Satélites Meteorológicos

A primeira utilidade dos dados colhidos por estes satélites foi para o estudo e previsão de pequenas variações no tempo. Cedo se revelou a sua utilidade em outras áreas, como por exemplo: no estudo do clima e terra, no levantamento da temperatura da superfície dos mares e na monitorização da vegetação.

Os satélites meteorológicos podem possuir tanto órbita circupolar como geostacionária. Os que possuem órbita circupolar, são geralmente síncrona solar com altitude de voo não superior a 1500 km. Cobrem (ao longo da sua órbita) quase toda a superfície da Terra e com considerável resolução. Os geotacionários observam a mesma superfície da Terra ao longo do plano do Equador, possuindo assim, maior frequência de observação sobre o mesmo ponto mas com resolução espacial a decrescer em latitude.

4.3.1. Satélites Meteorológicos Polo-orbitários

4.3.1.1. Série Nimbus

Estes satélites foram concebidos para investigação e desenvolvimento de satélites meteorológicos. Pertencem a NASA. O primeiro desta série foi lançado em 1964. De todos os satélites desta série o que teve importância particular na oceanografia foi o Nimbus-7, posto em órbita síncrona solar, a 910 km de altitude, em Outubro de 1978. Observa o mesmo ponto da superfície da Terra de 6 em 6 dias. Levava a bordo, entre outros instrumentos, o radiômetro CZCS "Coastal Zone Colour Scanner" e SMMR "Scanning Multichannel Microwave Radiometer" concebidos para aplicações oceanográficas. O CZCS registava imagens de uma zona de 1500 km de lado em seis bandas espectrais: luz azul, verde, vermelha, infravermelha proximal e infravermelha termal. Os dados de CZCS têm sido usados no estudo da distribuição e abundância de fitoplâncton, com base nas diferenças na cor da água. Infelizmente este sensor funcionou apenas até 1985, altura em que avariou.

4.3.1.2. Série NOAA

Estes satélites pertencem a NOAA "National Oceanic and Atmos-

pheric Administration" de Estados Unidos. Possuem uma órbita síncrona solar a 1000 km de altitude. Passam pelo mesmo nadir duas vezes por dia. A primeira geração destes satélites, NOAA-2 a 5, lançados entre 1972 e 1976, levavam a bordo, entre outros sensores, o VHRR "Very High Resolution Radiometer" que teve grande aplicação nos estudos oceanográficos. Nos satélites seguintes, segunda geração, foi colocado radiômetro melhorado que VHRR e passou-se a designar por AVHRR "Advanced Very High Resolution Radiometer". Este sensor regista a imagem numa cena de 2700 km de lado em cinco bandas espectrais, cobrindo a faixa de luz visível, infravermelha proximal e infravermelha termal com resolução espacial e térmica de 1.1 km e 0.2 °C, respectivamente.

Os dados de AVHRR têm sido usados para o levantamento da temperatura de superfície dos mares e em várias aplicações na vegetação e florestas. Apesar da baixa resolução, o facto de cobrir extensas zonas e com um ciclo de repetição maior pode ser vantajoso para algumas aplicações, particularmente no estudo e monitorização de fenómenos que ocupam dimensões relativamente grandes e com maior variabilidade temporal.

4.3.2. Satélites Meteorológicos Geostacionários-Meteosat

Existem cerca de 6 satélites meteorológicos, geostacionários, ao longo do plano de equador. Moçambique está sobre o alcance do Meteosat, satélite que pertence a Agência Espacial Europeia (ESA). Localiza-se sobre o Golfo da Guiné (0°S,N e 0°E,W), observa Moçambique com um ângulo de visão de cerca 43° na direcção ESE. Regista imagens em cada meia hora, nos comprimentos de onda de luz visível, infravermelha proximal e infravermelha termal com resolução espacial e térmica, perto do nadir, de 3 km e 0.5°C respectivamente. Por se encontrar muito distante de Moçambique, a imagem que produz (para esta zona) é muito distorcida e com resolução espacial muito baixa que limita a sua aplicabilidade para fins temáticos.

4.4. Alguns Satélites previstos para o futuro

Dentre os satélites planeados para serem lançados nos fins dos anos 80 e início dos anos 90 destaca-se, pela sua aplicação no levantamento dos recursos da Terra e na monitorização do meio ambiente, o ERS-1 "ESA Remote Sensing Satellite" a ser lançado pela Agência Espacial Europeia em 1989 e o Radarsat a ser lançado nos princípios de 1990 pelo Canadá. Os dois satélites terão sensores de micro-ondas para detecção do estado do mar e do tempo.

O ERS-1 terá uma órbita síncrona solar a uma altitude de cerca de 700 km. Passará pelo mesmo nadir de 3 em 3 dias. Estará equipado por instrumentos para detecção remoto do estado do tempo (ondas e ventos) semelhantes aos que foram colocados a bordo do Seasat, para além, de radiômetros com sensores de radiação visível

e térmica. Espera-se que contribua para a localização de concentrações de recursos pesqueiros e monitorização da poluição marinha.

5. TRANSMISSÃO DOS DADOS DOS SATELITES PARA TERRA

Os radiómetros captam a intensidade da radiação reflectida ou emitida pela superfície em diferentes comprimentos de onda. Transforma-os em sinais electrónicos que podem ser guardados em fitas magnéticas e transmitidos para a Terra quando o satélite passar pela zona de alcance da estação receptora. Os satélites que não possuem um sistema interno de arquivo enviam os seus dados, à medida que vão sendo registados, para uma estação específica através de satélites de comunicação.

Existem pelo menos dois tipos de estações receptoras; estações primárias e secundárias. As estações primárias, de grande potência, recebem as imagens brutas, processam-nas (determinando a sua localização exacta e corrigindo os efeitos da atmosfera) e enviam-nos aos utilizadores, quer através de satélites de comunicação, quer em bandas magnéticas. As estações secundárias recebem as imagens pré-processadas nas estações primárias através de satélites de comunicação ou em bandas magnéticas. Os dados do NOAA/AVHRR, com resolução reduzida (4 km), podem ser obtidas por uma estação receptora do tipo APT "Automatic Picture Transmission" relativamente mais simples, portátil e barata; idêntica a que é usada pelos Serviços Meteorológicos de Moçambique e proposta para uso na teledetecção aplicada às pescas em Moçambique por KLOSTER et al. 1987.

As imagens podem ser adquiridas por qualquer utilizador, quer na forma digital (bruta ou pré-processada) quer na forma analógica, a partir das estações receptoras ou de processamento. Apresenta-se em appendix os preços dos produtos das imagens de alguns satélites, extraído de KLOSTER et al. 1987. A lista não inclui os produtos de SPOT mas sabe-se que estes são cerca de quatro vezes o preço dos produtos do Landsat.

6. PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SATELITES

As imagens obtidas a partir dos satélites tanto podem ser em forma analógica ou digital. A maioria dos satélites registam os dados em forma digital e são guardados em bandas magnéticas (CCT) "Computer Compatible Tape". E são deste modo processados com auxílio de computadores digitais.

6.1. Correções Geométrica e Radiométrica

Os primeiros tratamentos de imagens consistem nas correções

geométrica e radiométrica. Neste processamento são eliminadas as deformações da imagem devido ao efeito da curvatura da Terra e corrigidos os efeitos da atmosfera na intensidade da radiação.

6.2 Melhoramento da Imagem

Na maioria dos casos as imagens produzidas a partir dos dados dos satélites não têm um contraste suficiente para que sejam perceptíveis pela vista humana. Para superar esse problema podem ser feitos vários tratamentos dos quais se destaca os seguintes:

- Melhoramento do contraste de tonalidade por meio de filtração - Os filtros são um meio de melhoramento de imagens por supressão/eliminação ou realce de imagem em certa frequência/banda. Alguns aspectos são mais facilmente detectáveis numa banda do que noutra.

- Expansão de Limites "Stretching" - Este método consiste em levar o mínimo e o máximo valor radiométrico observados para 0 e 255 respectivamente, aumentando deste modo, o intervalo entre as estruturas. A fig.7 apresenta esquematicamente este princípio.

- Realce dos Contornos - Este é outro método de variar a intensidade dos valores numa imagem digital para melhorar a detectabilidade, identificação e localização dos elementos lineares, como frentes, no caso de elementos oceanográficos. Esta operação é feita por filtros matemáticos que enfatizam os detalhes de uma imagem.

- Realce de Cor - A vista humana não pode distinguir mais do que 20-30 tonalidades do cinzento, mas, por outro lado, pode distinguir muitas cores com contraste suficiente. Por essa razão costuma-se atribuir a cada banda espectral uma cor distinta antes de as combinar numa única imagem (composição a cor). Ou atribuir diferentes cores a diferentes níveis radiométricos e depois combiná-los. No entanto, não se pode relacionar a cor, numa imagem a composição a cor, com a cor com que os elementos apresentam na Natureza (por isso chama-se a esta composição "falsa cor"), i.e., nem sempre o verde corresponde a vegetação, nem o azul a água... O significado da cor numa imagem depende do processador.

Depois do melhoramento da imagem procede-se à sua interpretação. A interpretação consiste na localização e identificação de: tonalidades, textura, configuração, tamanho e determinação das suas características espaciais, temporais e radiométricas. Para uma boa interpretação das imagens obtidas a partir do espaço, o trabalho de campo e o conhecimento do fenómeno em causa são absolutamente indispensáveis.

7. APLICAÇÃO NA INVESTIGAÇÃO PESQUEIRA

Um dos objectivos de investigação pesqueira é a localização de concentrações dos recursos e prever as suas flutuações sazonais com vista a uma correcta gestão pesqueira.

Embora, a detecção de cardumes, pelo menos os de superfície, como o atum de superfície ou a magumba, possa ser feita visualmente - método directo - por prospecção visual a bordo de barcos, ou utilizando aviões a baixa altitude, a área que se pode observar com este método é limitada e os custos de navegação são elevados (comparado com os satélites) podendo tornar este método desvantajoso. Ora, não é possível detectar os cardumes a partir dos sensores que até agora se têm usado na teledetecção (por meio de satélites), nem com os planeados para um futuro próximo, devido à grande distância que separa os satélites da Terra, a indistinguidibilidade radiométrica entre os peixes e a água, e devido à grande absorção da radiação electromagnética pela água. Por essas razões, a localização de áreas de concentração tem sido estimada indirectamente identificando os parâmetros ambientais que afectam a sua distribuição e abundância e que são detectáveis a partir dos satélites.

7.1. Temperatura

A água tem um grande poder de absorção e conservação do calor. Sendo a temperatura de água um indicador da quantidade de calor que essa água possui é, por conseguinte, um parâmetro vital para endender o papel dos oceanos como um reservatório de calor. Dela depende a densidade de água, pelo menos nas camadas superficiais (até 500 metros). Estudos das variações da temperatura de água, nas camadas superficiais das zonas tropicais, só por si, permitem estabelecer as características gerais da circulação (LO 1986). Variações na temperatura causam variações no meio ambiente e na vida que nele existe. A temperatura de superfície de água pode ser obtida por meio de sensores térmicos a bordo dos satélites LUTJHARMS e JORGE DA SILVA chegaram a conclusões importantes usando imagens de NOAA/AVHRR sem correcções geométricas nem radiométricas.

7.2. Circulação

A circulação de água nos oceanos refere tanto aos movimentos horizontais como verticais. Estes movimentos dependem, entre outros factores, da densidade de água que é originada pelas variações na temperatura e/ou na salinidade, das marés e da topografia do fundo. Os movimentos horizontais das camadas superficiais dependem, por outro lado, da circulação atmosférica, controlada pela distribuição da pressão atmosférica.

A circulação influi na distribuição dos recursos, particularmente as espécies pelágicas. Os movimentos verticais de água "upwelling" desempenham um papel importante na produtividade biológica. O transporte de alimentos, a sobrevivência de ovos e larvas e até dos peixes pequenos (por ainda não serem, por vezes, capazes de nadar sozinhos contra a corrente) dependem muito das vezes das correntes.

As correntes de superfície podem ser facilmente detectáveis por várias técnicas de detecção (MOUCHOT, M.-C. et al. 1987) dos quais se destaca:

- Monitorização dos movimentos das estruturas térmicas. Por este método pode-se localizar os vórtices e "upwelling" e estimar a sua quantidade relativa, bem como seguir a sua propagação (dos seus núcleos).

- Interpretação da Configuração da Turbidez de água. A turbidez de água é originada pela presença de substâncias em suspensão e dissolvidas. É característico das águas costeiras. Nas zonas de confluência entre águas costeiras (túrbidas) e oceânicas (claras) a turbidez é um indicativo da dinâmica da água, e, é detectada, à distância, por meio de sensores passivos na banda de luz visível. A Fig. 6-a mostra o esquema da circulação da Baía de Maputo deduzida a partir das diferenças na turbidez numa imagem de Spot.

7.3. Cor da Água

A cor da água é um indicador da matéria em suspensão e/ou dissolvida na água. Geralmente a cor da água varia de azul-acentado, no alto-mar, a verde-amarelo, perto da costa. A existência de fitoplâncton, porque contém clorofila-a, pigmento que absorve a luz azul, a água apresenta-se com a cor verde. Água costeira contém sedimentos em suspensão, lodo e areia, provenientes dos rios, apresenta cor amarela, produto do reflexo das partículas. A cor da água é detectada pelos sensores, passivos e na banda de luz visível, colocados a bordo de satélites. O sensor concebido, especificamente, para o estudo dos recursos vivos marinhos através de detecção remota das variações na concentração dos pigmentos de fitoplâncton foi o CZCS, colocado a bordo de Nimbus-7. Todavia, o Landsat-TM ou MSS têm vindo a ser usados com sucesso na localização e estimativa da biomassa do fitoplâncton.

8. CARACTERISTICAS OCEANOGRAFICAS GERAIS DAS AGUAS DE MOÇAMBIQUE E POSSIBILIDADES DA DETECÇÃO REMOTO NA INVESTIGAÇÃO PESQUEIRA

A maior parte da costa de Moçambique apresenta clima tropical-húmido a sub-húmido com duas estações; das chuvas ou verão austral, e estação seca ou inverno austral (TINLEY, 1971). As zonas central e sul de Moçambique são afectadas pelos ventos alísios de SE enquanto que a zona norte é influenciada pelo sistema de monções (SAETRE e JORGE DA SILVA, 1982).

A circulação das águas superficiais (até 500 metros) ao longo da costa de Moçambique (parte ocidental do Canal de Moçambique), é determinada por três vórtices anticiclónicos, com os centros distribuídos ao longo da "dorsal do canal", variando de posição ao longo do ano e separados por quatro pequenos vórtices ciclónicos localizados junto à costa. A fig. 8 mostra a estrutura tentativa da circulação de acordo com SAETRE e JORGE DA SILVA, 1982.

A topografia do fundo parece influir na circulação, principalmente na geração dos vórtices quasi-estacionários da Baía de Delagoa e de Angoche (JORGE DA SILVA, 1983). Na fig.9 apresenta-se a topografia do Canal de Moçambique.

Foram algumas vezes observados fenómenos de "upwelling" ao longo da costa. HAGEN (1980) observou a ocorrência de "upwelling" ao largo de Nacala a partir dos dados colhidos em Fevereiro a Março de 1983 e discutiu a importância da circulação atmosférica na sua geração.

O maior transporte de água é no sentido Sul - corrente de Moçambique - transporta água de origem equatorial (quente). Muitos autores notificaram a existência duma contra-corrente costeira: SAETRE e PAULA E SILVA, 1979 referem à existência duma contra-corrente costeira na Baía de Delagoa e no Banco de Sofala. Muito recentemente LUTJENHARMS e JORGE DA SILVA, 1988 usando dados hidrográficos e imagens de satélites (NOAA, na banda de infravermelho térmico) observaram a existência de contra-corrente, no sentido Norte, na Baía de Delagoa.

As descargas dos rios influem na circulação costeira e na produtividade transportando água rica em nutrientes. O total dos rios de Moçambique escoam para o mar cerca de 140 Km³ de água, dos quais 85% é contributo dos rios do Banco de Sofala (SAETRE e JORGE DA SILVA, 1982).

Na maioria dos casos a ocorrência dos vórtices e "upwelling" reflectem-se à superfície. As variações sazonais da temperatura de superfície oscilam entre 4 a 6°C ao longo da costa. A maior varia-

ção verificou-se na Bala de Delagoa e a menor na zona norte (SAETRE and PAULA E SILVA, 1979). Os gradientes térmicos à superfície nas zonas de "upwelling" variam de 2 a 3°C, figs. 10-13.

As amplitudes das marés oscilam entre 2 e 3 metros nas zonas sul e norte, respectivamente. Na zona central atingem cerca de 6 metros. Este valor, tido como recorde, é devido à presença de uma extensa plataforma continental (TINLEY, 1971).

Os principais recursos pesqueiros marinhos compreendem o camarão da plataforma, crustáceos de profundidade, peixes pelágicos e demersais. O camarão representa 30% do total das receitas do País (KRANTZ et al. 1988). A produção de pequenos peixes pelágicos e da fauna acompanhante do camarão de plataforma são destinados ao consumo interno. Os crustáceos de profundidade são explorados pelos barcos estrangeiros licenciados.

O desenvolvimento da oceanografia aplicada permitiu estabelecer algumas relações entre os recursos e o meio ambiente. Sabe-se que a produtividade pesqueira na Bala de Delagoa e no Banco de Sofala depende em grande parte do vórtice de Delagoa e da descarga dos rios respectivamente. JORGE DA SILVA (1984) descreveu a variação sazonal da circulação, com base em cartas com médias móveis de três meses dos dados térmicos colhidos de 1977 a 1982, e identificou as áreas favoráveis a ocorrência de atuns de superfície.

Estudos efectuados no Banco de Sofala conduziram às seguintes conclusões; primeiro, a distribuição de algumas espécies de peixes, tanto pelágicos como demersais, mostram alguma concordância com a distribuição de salinidade de superfície e esta, por sua vez, ajusta-se à distribuição de transparência e da cor de água (JORGE DA SILVA, 1983), figs. 13 e 14. O mesmo autor estabeleceu a relação entre a descarga do Zambeze e a captura do camarão (da espécie *P. indicus*) no Banco de Sofala (JORGE DA SILVA, 1984) e GAMMELSDROD estabeleceu um modelo matemático de previsão de captura do camarão de plataforma, na mesma área, a partir do escoamento do Zambeze.

9. CONCLUSÕES

De acordo com as características das águas de Moçambique e da natureza dos sensores actualmente em operação elas podem ser divididas em dois tipos; tipo 1, água oceânica, predominantemente água quente transportada pela Corrente de Moçambique (ao longo da costa Moçambicana) e água fria de origem subtropical (na zona sul). E, tipo 2, água costeira, caracterizada por conter muitos sedimentos em suspensão, água turbida.

A água oceânica apresenta uma significativa variação na tem-

peratura que variações na côr. Por essa razão, sensores passivos na banda termal podem ser aplicados para o senso remoto das estruturas térmicas de água. Pelo mesmo processo pode-se seguir a propagação dos vórtices e "upwelling" por também apresentarem, à superfície, consideráveis gradientes térmicos. A série NOAA com os sensores AVHRR ou mesmo VHRR é o mais recomendado por: possuir resolução térmica suficientemente boa, cobrir áreas maiores, possuir frequência elevada de observação e ser barato. Quatro coberturas por ano, coincidindo com os picos das estações de chuvas, seca e períodos de transição, seriam suficientes para uma compreensão adequada da dinâmica de água.

As Águas costeiras apresentam, como produto de interacção de água dos rios e oceânica, grandes variações na côr. Deste modo, o trajecto de água doce proveniente dos rios pode ser detectada a partir de sensores passivos na banda de luz visível. Por outro lado, a distribuição dos recursos pesqueiros está relacionada à distribuição de salinidade, no Banco de Sofala. Uma vez que a distribuição de salinidade varia com a côr, então, por analogia, a distribuição dos recursos pesqueiros, nesta zona, pode ser explicada a partir de variações na côr de água. Considerando as dimensões espaciais dos fenómenos nesta zona, algumas dezenas de milhas náuticas de largura, ao largo da costa, de água doce fluindo para norte; satélites com resolução espacial melhor que NOAA seriam aplicados. O Landsat/MSS seria a melhor opção. Considerando a sazonalidade dos fenómenos, períodos de cheia, seca e intermediários; quatro coberturas por ano, uma em cada estação e em cada período intermediário, seriam suficientes para a monitorização da descarga dos rios e sua interacção com água oceânica, bem como compreensão da dinâmica da plataforma.

Os ventos desempenham um papel importante na circulação tanto costeira como oceânica. A sua monitorização pode ajudar a interpretação da dinâmica da água. Imagens de NOAA na banda de luz visível fornecem informação da circulação atmosférica com resolução suficientemente boa para determinar a direcção de vento e estimar a sua velocidade.

O Meteosat, por se localizar muito distante e observa o nosso País por um ângulo agudo, apresenta baixa resolução e, por essa razão têm pouca aplicação para estudos temáticos nesta zona. Os produtos do SPOT são bastante caros e a sua maior vantagem em relação aos outros, o facto de proporcionar uma visão estereoscópica, é de pouca importância para os oceanos por estes apresentarem a superfície quase plana.

Sensores activos para detecção de ondas, correntes marítimas e ventos podem ser aplicados para a compreensão dos fenómenos ambientais dos pesqueiros mas, o seu processamento e interpretação requer técnicas avançadas. Menciona-se aqui para uma futura consideração.

10. REFERENCIAS

- ALFOLDI, T.T. (1986). "Introduction to digital images and digital techniques". Canada Center of Remote Sensing, Energy, Mines and resources. Technical note 78-1.
- A. MUBANGO (IIP), M. FERRARA (ING), M. R. MARQUES (INIA) e V. FER-
RÃO (DINAGECA) (1988). "Relatório do Estágio sobre Teledetec-
ção em França (4/5 - 19/6/1988).
- BRINCA, L.; JORGE DA SILVA, A.; SOUSA, L.; SOUSA, M.I. and SETRE, R.
(1983). "A survey on the fish resources at Sofala Bank Mozam-
bique; September, 1982". Reports on surveys with the R/V "DR.
FRIDTJOF NANSEN. Instituto de Investigação Pesqueira, Maputo;
Institute of Marine Research, Bergen.
- BRINCA, L.; SILVA, C.; e JORGE DA SILVA, A. (1981). "Relatório do
cruzeiro realizado no Banco de Sofala pelo arrastão "Muleve"
em Julho/Agosto/1979". Informação No. 4. Instituto de Desem-
volvimento Pesqueiro. Maputo.
- BRINCA, L.; REY, F.; SILVA, C. and SETRE, R. (1981). "A survey on
the mrine fish resources of Mozambique". Reports on surveys
with the R/V "DR: FRIDTJOF NANSEN. Instituto de Desenvolvi-
mento Pesqueiro, Maputo; Institute of Marine Research, Ber-
gen.
- BROSIN, HANS-JURGEN (1987). "Physical Oceanography as related to
Remote Sensing". 12th UN/FAO International Training Course:
Contribution to Marine Fisheries, Rome-Italy.
- CHENEY, D.P. and RABANAL, H.R. (1984). "Remote Sensing and its ap-
plication to inland fisheries and aquaculture". FAO circular
No. 768.
- CURRAN, Paul J. (1983). "Principles of Remote Sensing". Longman
Scientific and Technical, pp 282.
- GAMMELSROD, T. (1988). "Captura de camarão de águas pouco profun-
das e condições ambientais no Banco de Sofala". Seminário de
gestão dos recursos de crustáceos. (em impressão).
- GAMMELSROD, T. and SIMÕES, F. (1987). "Remote Sensing from sate-
llites and its possible application in Mozambican Waters".
Internal note, Instituto de Investigação Pesqueira, Maputo.
- HAGEN, E.; SCHEMAIDA, R. and MICELCHEN, N. (1984). "The oceanolo-
gical conditions in the western part of the Mozambican Chan-
nel in February/March 1980". Geodatische und geophysikalische
Veroffentlichungen, Reihe 4, Helft 39, Berlin.

- JOHANSON, Robert W. and HARRIS, Robert C. (1980). "Remote Sensing for water quality and biological mesurment in coastal waters". NASA Longley Research Center. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 46, No. 1, pp 77-85.
- JORGE DA SILVA, A. (1983). "Oceanographic research in Delagoa Bay are - a progress report". Rev. Inv. Pesqueira No. 8: 5-23.
- JORGE DA SILVA, A. (1984). " Report on the oceanographic investigations carried out at the Sofala Bank by the Soviet trawler "Sevastopolsky Rybak" in September, 1982". Rev. Inv. Pesqueira, No. 10: 5-35.
- JORGE DA SILVA, A. (1984). "Circulation system and ares of potentially successful tuna fishing with surface methods off Mozambique". Rev. Inv. Pesqueira No. 11: 5-40.
- JORGE DA SILVA, A. (1984). "Hydrology and fish distribution at the Sofala Bank (Mozambique)". Rev. Inv. Pesqueira No. 12: 5-36.
- JORGE DA SILVA, A. (1986). "River runoff and shrimp abundance in a tropacal coastal ecosystem - the exemple of the Sofala Bank (central Mozambique)". The ecological role of freshwater in coastal waters, (S. Skreslet Ed.) Springer Verlag.
- KAPESKY, James M. (1987). "Base-line environmental information, remote sensing and geographical information systems for mariculture developmente". 12th International Training Course on Remote Sensing: Contribution to Marine Fisheries, Rome-Italy.
- KLOSTER, K.; JOHANNESSEN, O.M. and OLAUSSEN, T. (1987). "Report on possibilities for using remote sensing with application to fishery research in Mozambique". Nansen Remote Sensing Center, Bergen.
- KRANTZ, L.; SORENSEN, N.K.; OLESEN, J. and KOTALOVA, J. (1988). "Estudo do sector pesqueiro em Moçambique". Impresso no Departamento de Documentação e Informação do Inst. de Inv. Pesqueira, Maputo.
- LARA, Sérgio Camacho (1987). "Basic principles of remote sensing; introduction to radiometry . 12th International Training Course on Remote Sensing: contribution to marine fisheries, Rome-Italy.
- LECHI, Giovanni (1987). "Principles of remote sensing". 12th International Training Course on Remote Sensing: contribution to marine fisheries, Rome-Italy.

- LECHI, Giovanni (1987). "Earth resources satellites Landsat/MSS, Landsat/TM, SPOT". 12th International Training Course on Remote Sensing: contribution to marine fisheries, Rome-Italy.
- LO, C.P. (1986). "Applied remote sensing". Longman Scientific and Technical, pp 393.
- LUTJEHARMS, J. R. E. and JORGE DA SILVA, A. (1988). "The Delagoa Bight". Deep-Sea Res., Vol. 31, pp 619-634.
- MOUCHOT, M.-C.; BUTLER, M.J.A.; JAYASINGHE, D.; ALFOLDI, T.T. and PERROTT, T. (1987). "Application of remote sensing technology to marine fisheries: an introductory manual". Final Draft to be reviewed by FAO.
- PAULA E SILVA, R. e MUBANGO HOGUANE, A. (1989). "Relatório do cruzeiro realizado com o B/I "KOMETA GALLEYA" no período de Novembro - Dezembro, 1988.
- SÊTRE, R. and JORGE DA SILVA, A. (1982). "Water masses and circulation of the Mozambique Channel". Rev. Inv. Pesqueira No. 3, pp 83.
- SÊTRE, R. and JORGE DA SILVA, A. (1984). "The circulation of the Mozambique Channel". Deep-Sea Res. Vol. 31, No.5, pp 485-508.
- SÊTRE, R. and PAULA E SILVA, R. (1979). "The marine fish resources of Mozambique". Reports on surveys with the R/V "DR: FRI-DTJOF NANSEN". Instituto de Desenvolvimento Pesqueiro, Maputo; Institute of Marine Research, Bergen.
- SPIERS, B. and VORTMAN, R.L. (1978). "Teledetecção e levantamentos de recursos naturais em países em vias de desenvolvimento". Documento de trabalho No. 5, versão em português, projecto AGOA/MOZ/75/011, Direcção Nacional de Geografia e Cadastro, Maputo, Setembro, 1978.
- THOMAS, M.H.B.; CITOU, J.; NOEL, J. et al. (1980). "Coastal and marine applications ". Edited by A.P. Cracknell, Remote Sensing Society.
- TINLEY, K.L. (1971). "Determinants of coastal conservation: dynamics and diversity of the environment as exemplified by the Mozambique coast". Proceedings of the symposium on Nature Conservation as a form of Land use, SARCCUS, Pretoria: 125, 153.
- TRAVAGLIA, Carlo (1987). "Principles of satellite imagery interpretation". 12th International Training Course on remote Sensing: contribution to marine fisheries, Rome-Italy.

FIGURAS

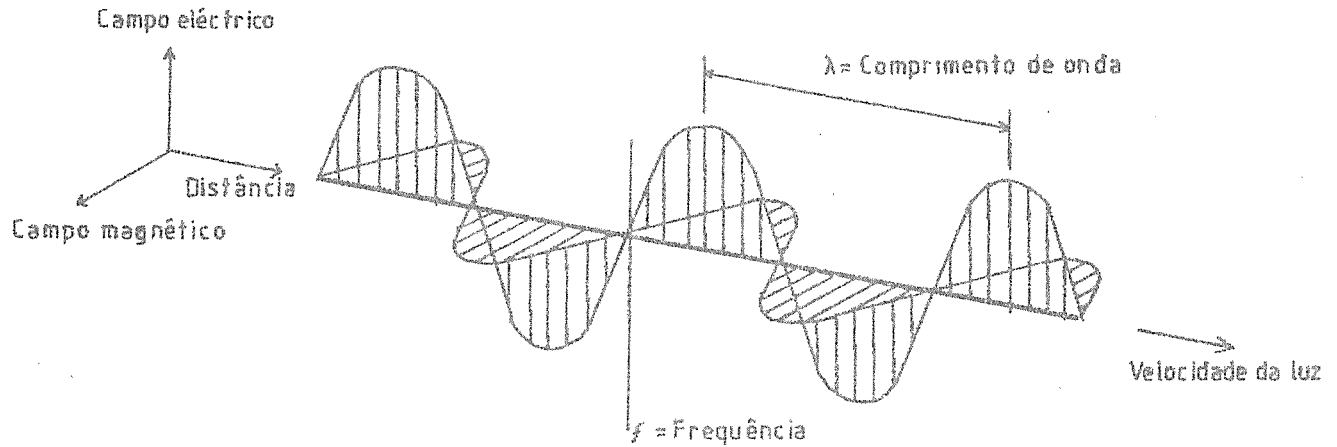


Fig. 1 Esquema de uma onda electromagnética e seus componentes.

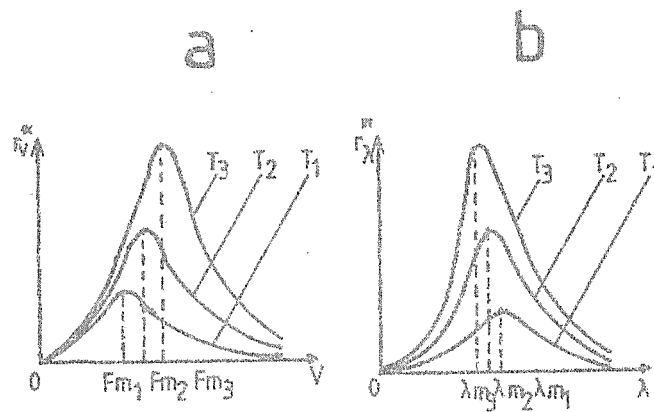


Fig. 2 Variação da emissividade do corpo negro a) em função da frequência e b) em função do comprimento de onda.

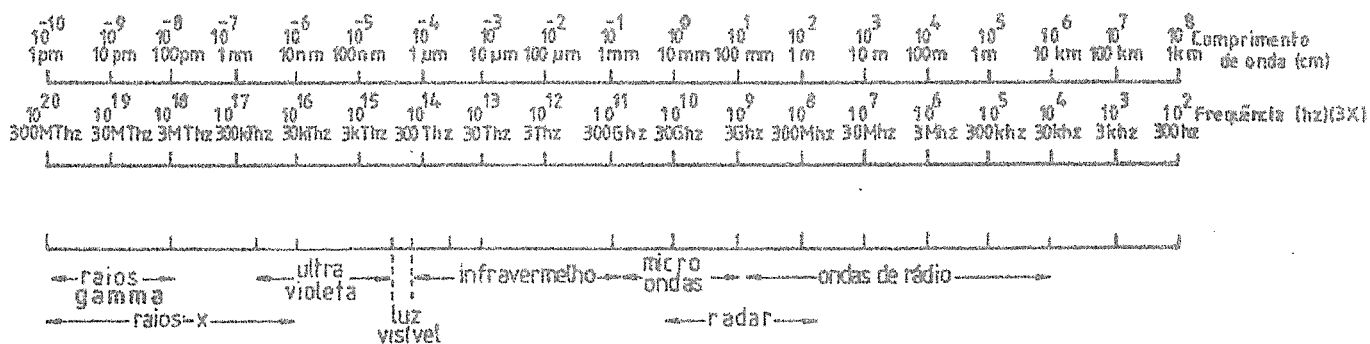


Fig. 3 Espectro electromagnético: frequências, comprimento de onda e bandas espectrais.

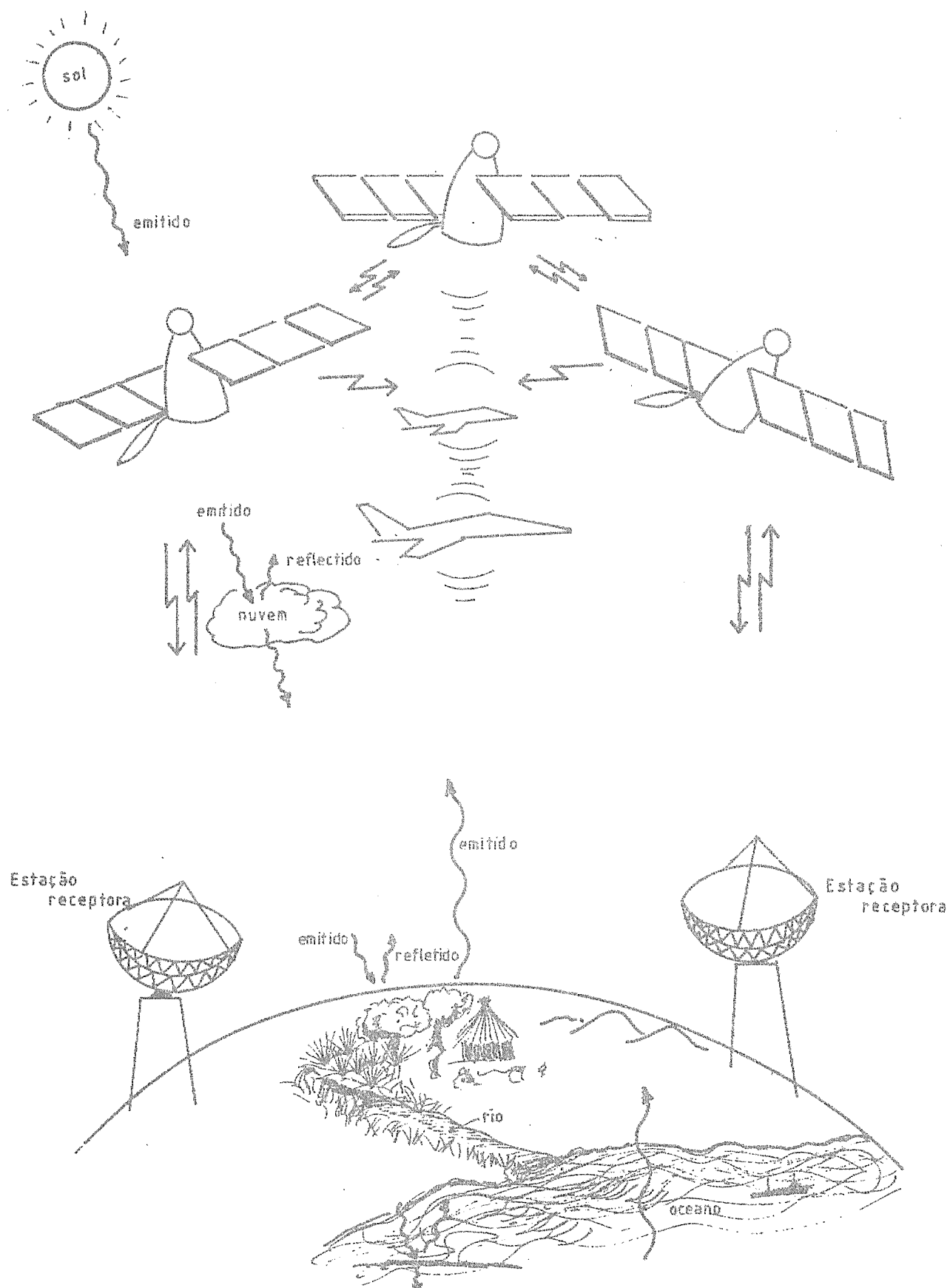


Fig. 4 Sistema de teledeteção usando fontes natural (Sol) e artificial (radar).

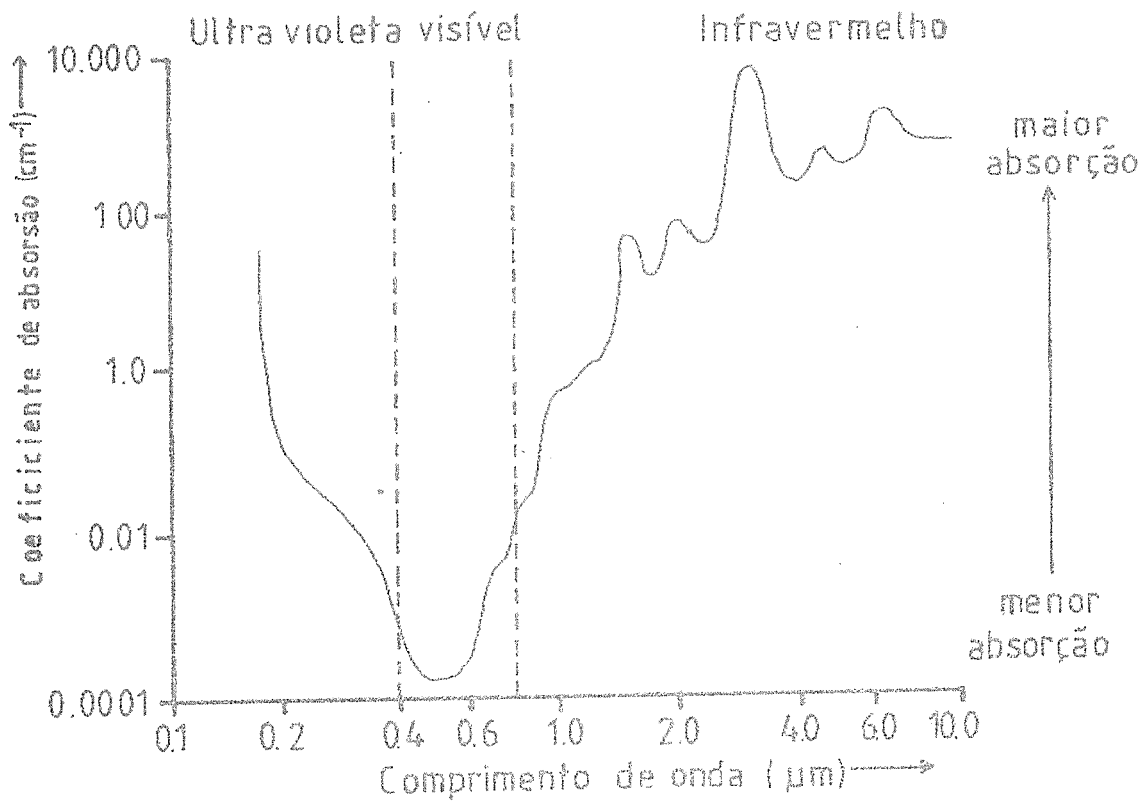


Fig. 5 Curva de absorção de radiação electromagnética pela água do mar.

MAPUTO

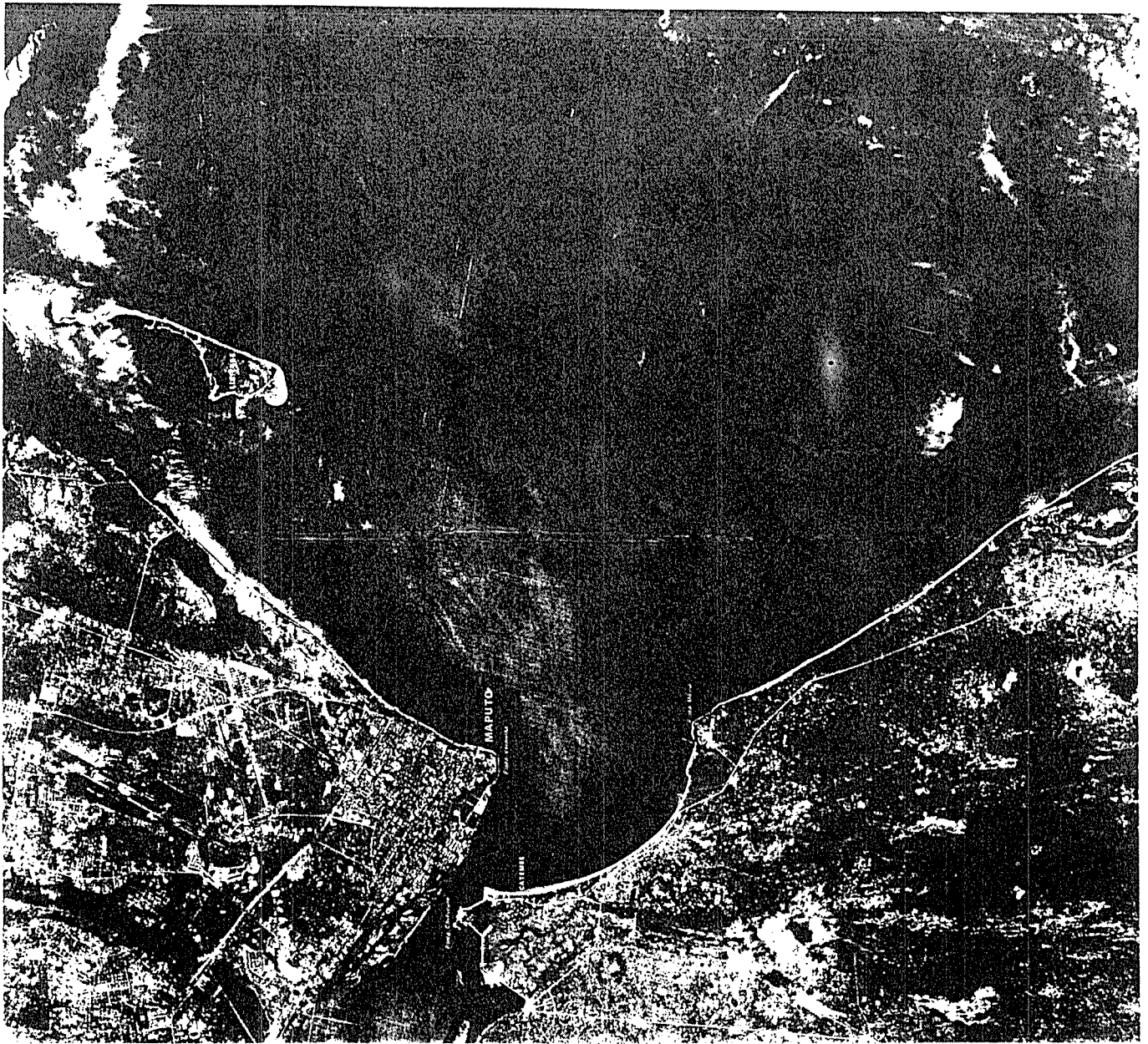


Fig. 6-a imagem multi-espectral de Maputo registada por SPOT a 30/03/86, gentilmente cedida pela DINAGECA.

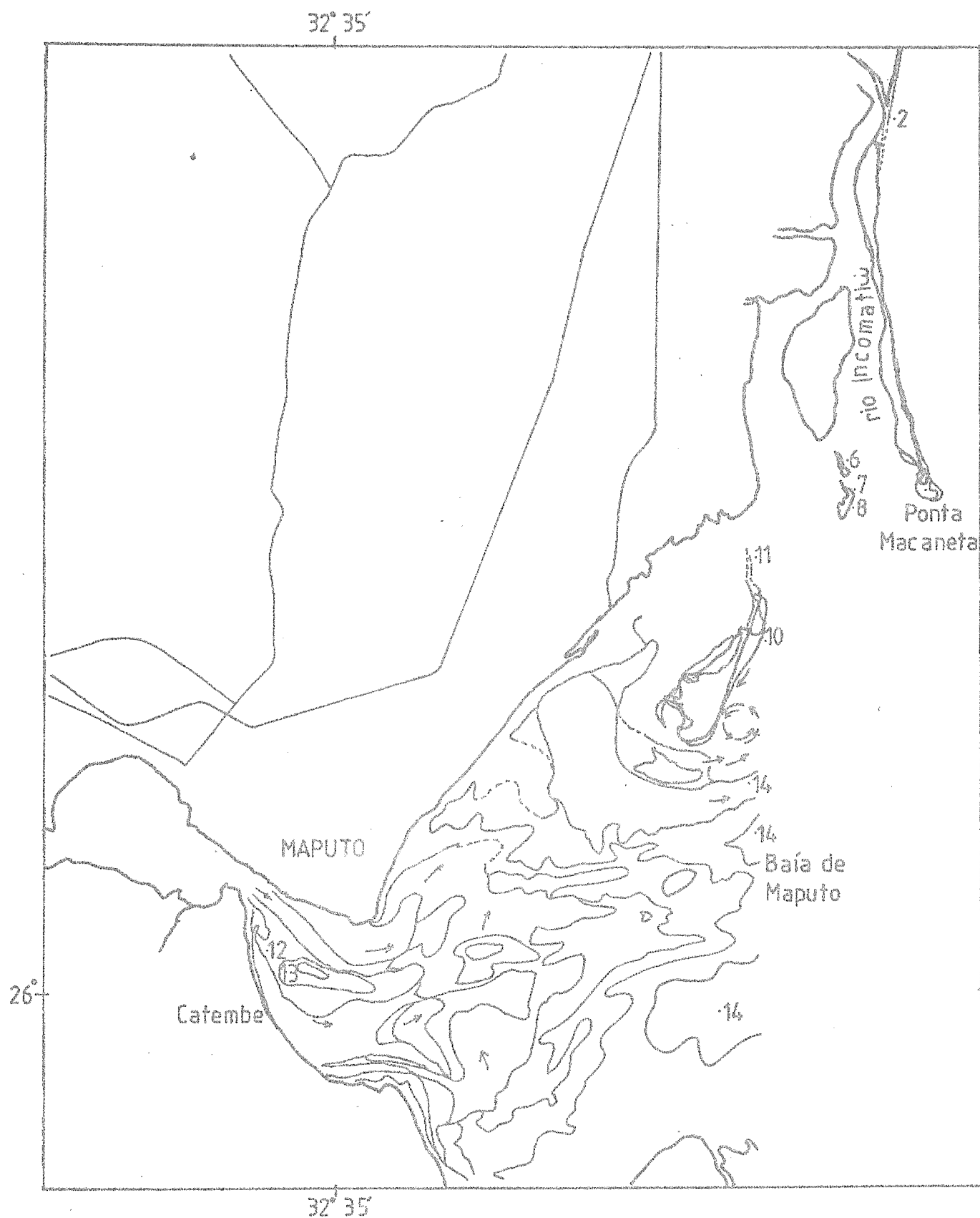


Fig. 6-b esquema de circulação da Baía de Maputo deduzido a partir da imagem SPOT (apresentada na fig. 6-a), extraído dos documentos de teste SPOT realizada em França de 4 de Maio a 19 de Junho 1988.

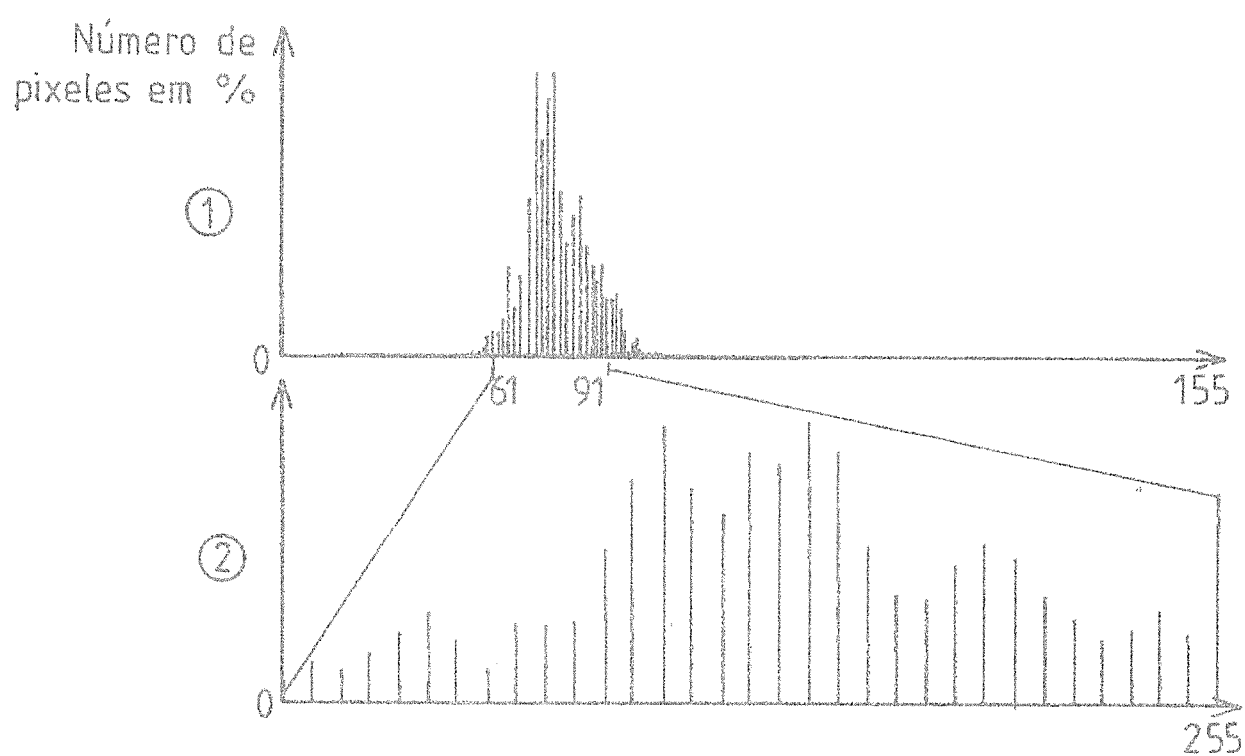


Fig. 7 Esquema ilustrativo do princípio de expansão de limites.

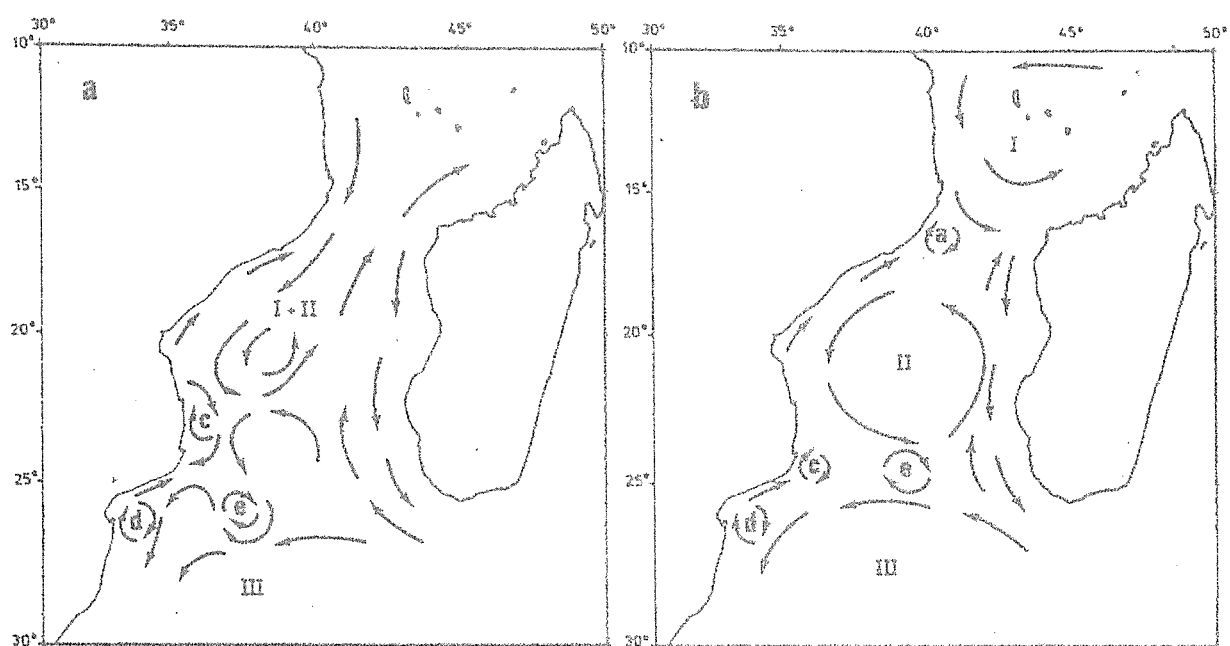


Fig. 8 Esquema de circulação das camadas superficiais no Canal de Moçambique no a) Inverno e b) Verão austrais, de acordo com SAETRE e JORGE da SILVA 1982.

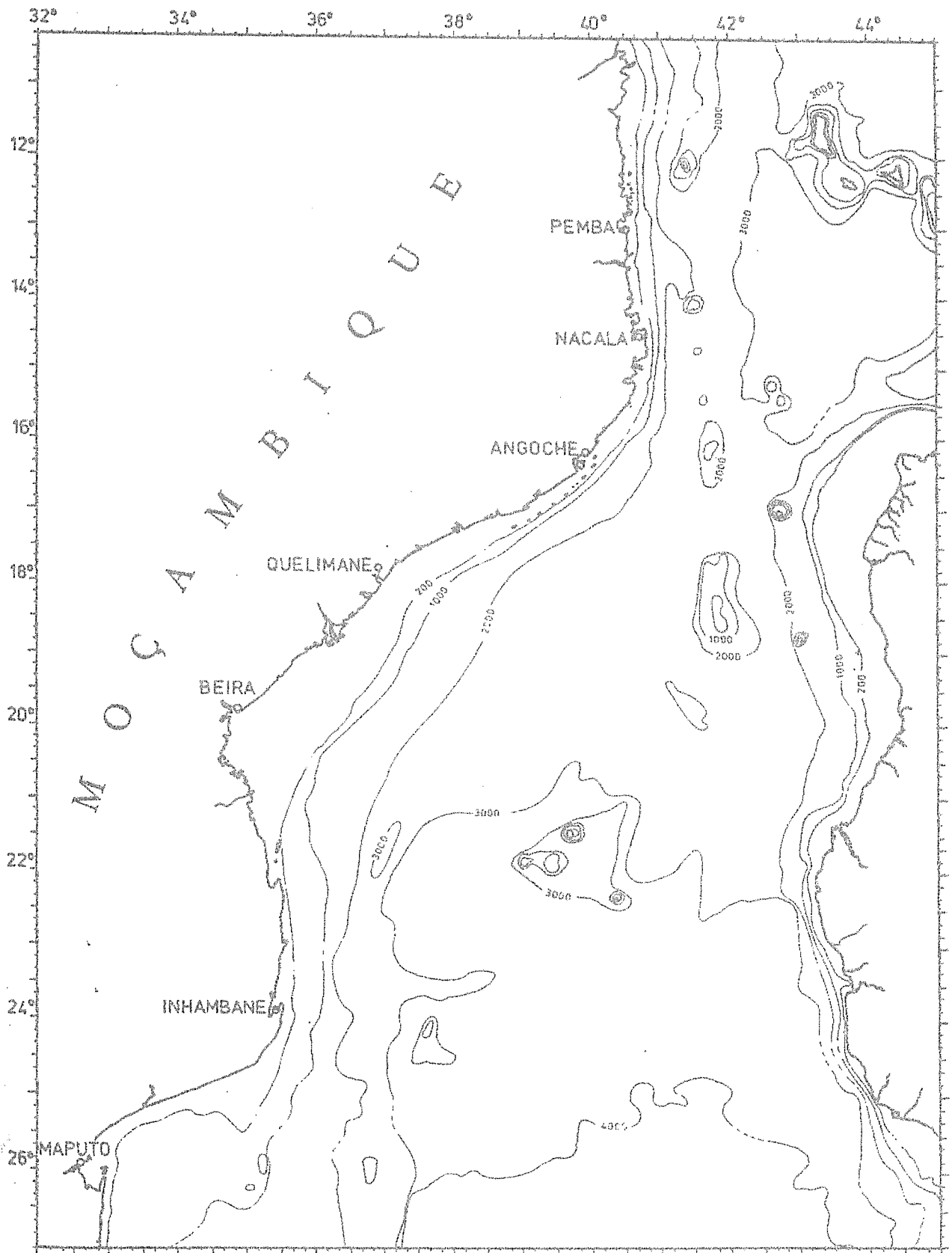


Fig. 9 Canal de Moçambique. Carta com a batimetria em metros.

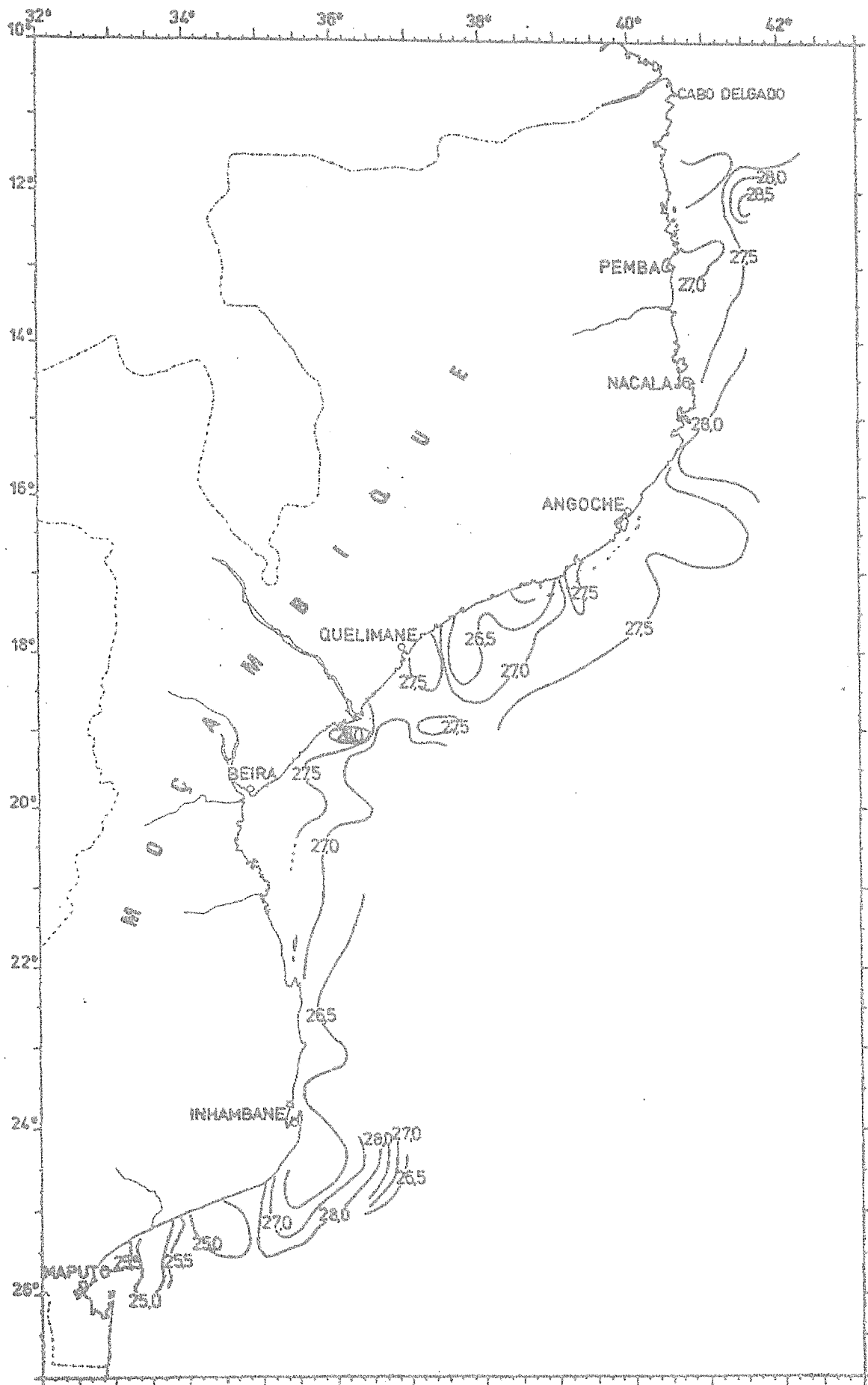


Fig. 10 Fridtjof Nansen, Novembro 1977. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de superficie.

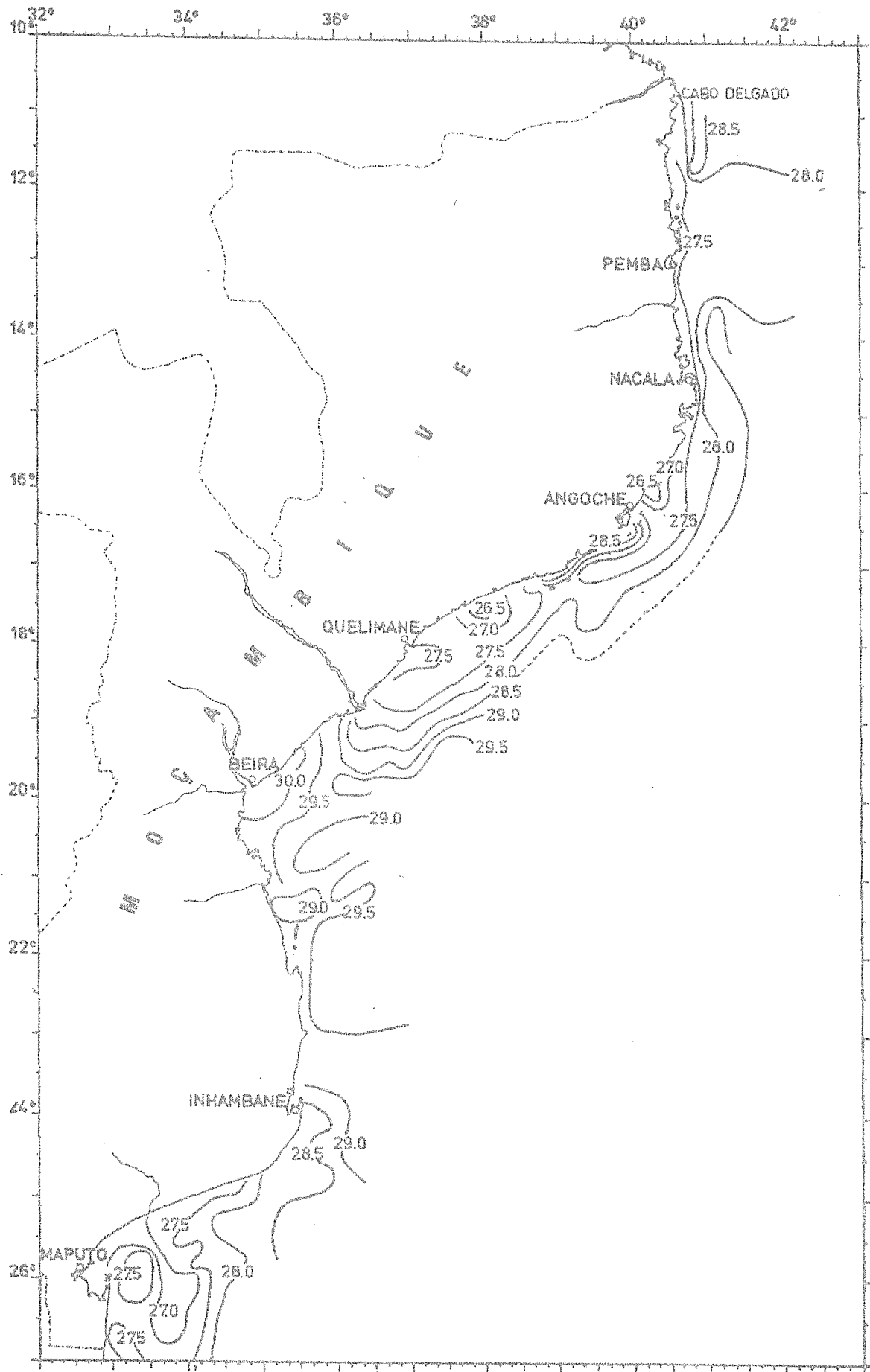


Fig. 11 Fridtjof Nansen, Novembro 1977.

Temperatura (°C) de superficie.11

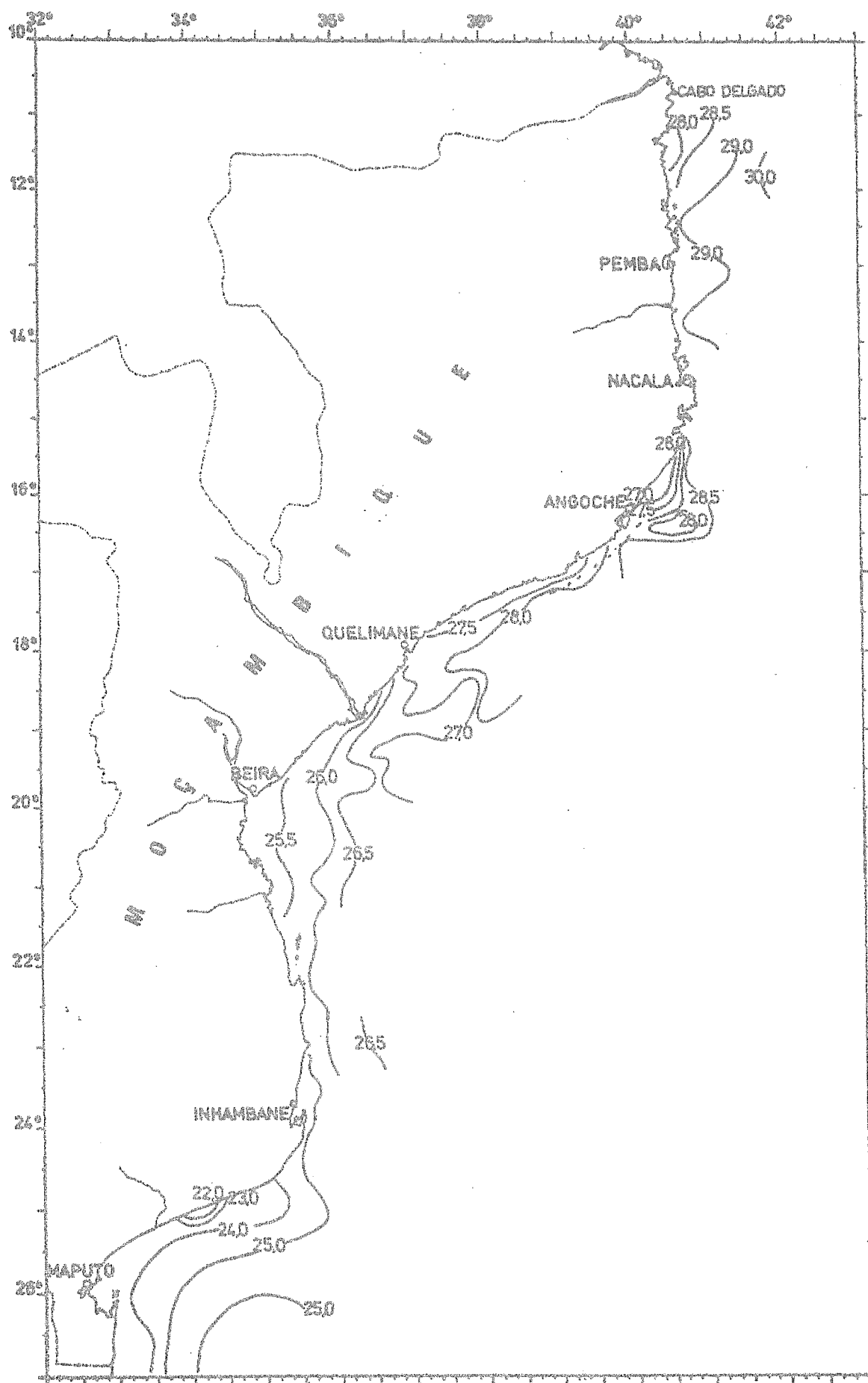


Fig. 12 Fridtjof Nansen, Novembro 1977. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de superfície.

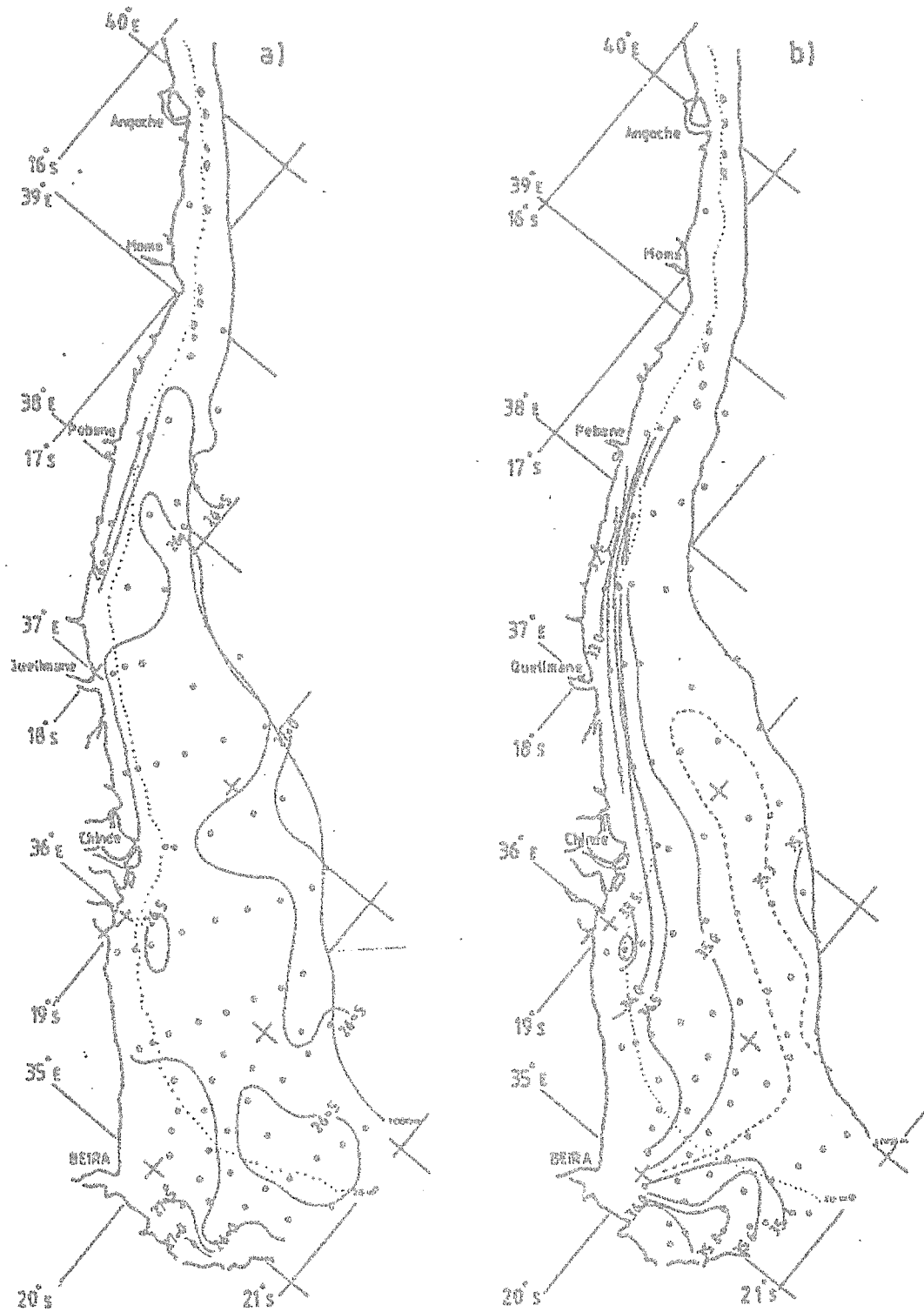


Fig. 13 Kometa Galleya. Banco de Sofala, Nov. 1988. Distribuição à superfície de: a) temperatura, b) salinidade

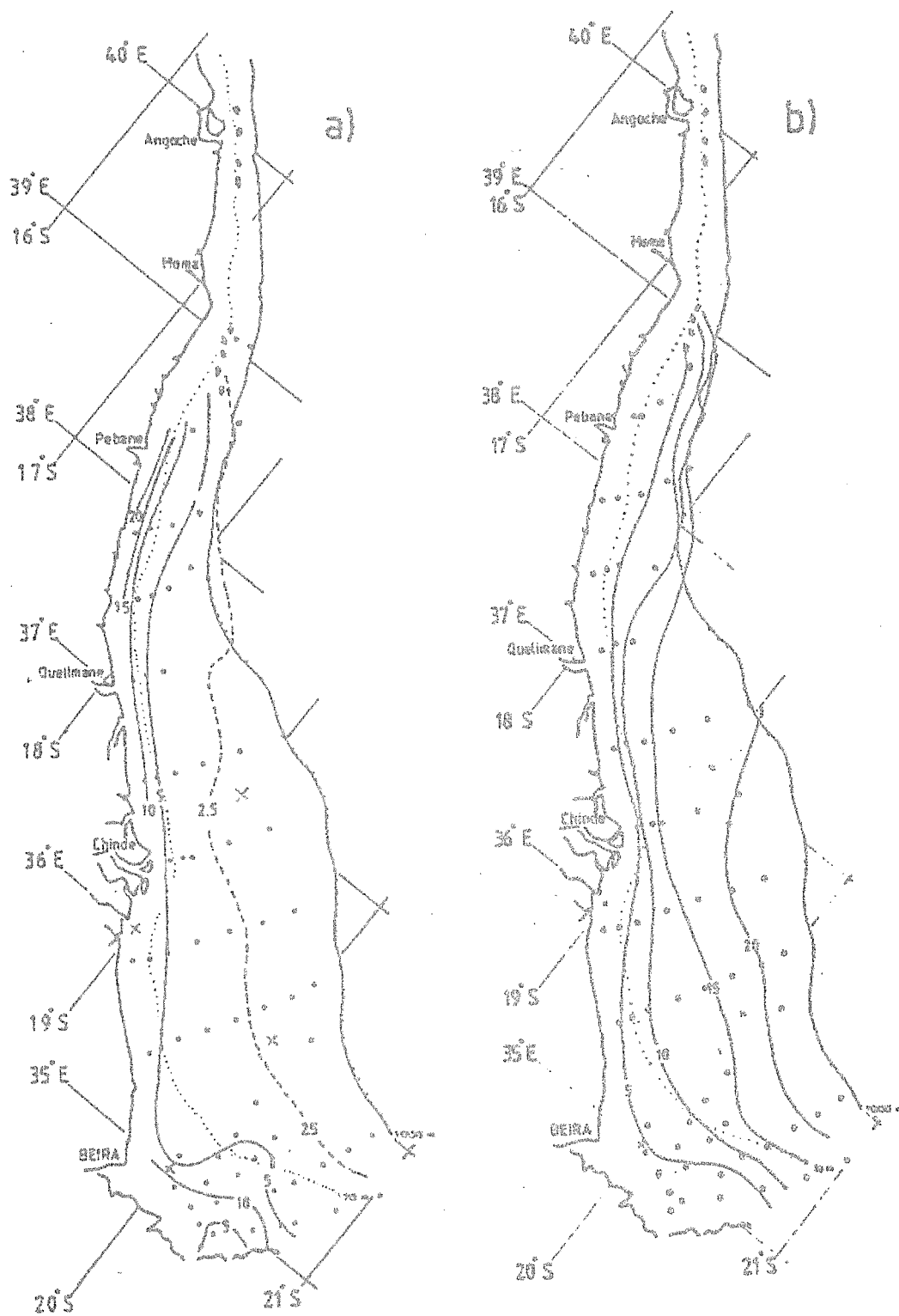


Fig. 14 Kometa Galleya. Banco de Sofala, Nov. 1988.

a) Profundidade de secchi, b) Distribuição da cor da água.

APENDIX - Lista de preços extraído de KLOSTER et al. 1987

Appendix A Pricelist og Earthnet standard products

Pricelist of Earthnet standard products - 1987

Validity: 1st January - 31st December 1987

Invoicing: Users within the Member States of ESA will be invoiced in their national currency at the official ESA exchange rate at the time of invoicing. Users outside the Member States will be invoiced in US dollars at the rate of 1 AU = 0.96161 US \$ (1987 conversion rate).

Note: For technical reasons the list of products can be modified by Earthnet without notice.

LANDSAT TM-MSS-RBV data

Refer to 1986 price list until further notice

Earthnet User Services

Telex 610637 ESRN Italy
33 6 9401380
33 6 9401371

Mail address: C.P. 64
00044 Frascati
Italy

LANDSAT 4-5 THEMATIC MAPPER-TM data

Digital products (CCTs)

	Price (AU)
1101 Full scene, 7 bands, 6250 BQ, raw data.....	5100
1102 Full scene, 7 bands, 6250 BQ, System Corrected (radiometric preflight plus geometric correction)**.....	5100
1103 Full scene, 7 bands, 6250 BIL, raw data.....	5100
1104 Full scene, 7 bands, 6250 BIL, System Corrected (radiometric preflight plus geometric correction)**.....	5100
1105 Full scene, 1 band, 1600, raw data.....	1583
1106 Full scene, 1 band, 1600, System Corrected data (radiometric preflight plus geometric correction)**.....	1583
1109 Quarter scene*** 7 bands, 6250 BQ, raw data.....	1620
1110 Quarter scene*** 7 bands, 6250 BQ, System Corrected data (radiometric preflight plus geometric correction)**.....	1620
1111 Quarter scene*** 7 bands, 6250 BIL, raw data.....	1620
1112 Quarter scene*** 7 bands, 6250 BIL, System Corrected data (radiometric preflight plus geometric correction)**.....	1620
1113 Quarter scene*** 7 bands, 1600 BQ, raw data.....	1620
1114 Quarter scene*** 7 bands, 1600 BQ, System Corrected data (radiometric preflight plus geometric correction)**.....	1620
1115 Quarter scene*** 7 bands, 1600 BIL, raw data.....	1620
1116 Quarter scene*** 7 bands, 1600 BIL, System Corrected data (radiometric preflight plus geometric correction)**.....	1620

Photographic products

Price (AU)

Quick-look print

Please rely on MSS Q/L, codes 0601-0602

BW Images (quarter scene)****

1401 240mm print.....	125
1402 additional* copy of 1401.....	80
1403 240mm film positive.....	142
1404 additional* copy of 1403.....	90
1405 240mm film negative.....	178
1406 additional* copy of 1405.....	142

** Special radiometric corrections (e.g. relative, preflight and relative) available on request. On-board derived radiometric calibration will become available in the course of 1986.

*** (1,2,3,4, corresponding to upper left, upper right, lower left, lower right)

* The price = additional copy = applies to additional copies of a product ordered at the same time of the first copy. It also applies to different photographic product types of an identical scene ordered at the same time. In this case only the first extensive product will be invoiced at full price (e.g. a colour composite). All

BW MSS Images (per band)

Price (AU)

0601 240mm print scale 1:1,000,000.....	57
0602 Additional* copy of 0601.....	38
0603 240mm film positive scale 1:1,000,000.....	68
0604 Additional* copy of 0603.....	45
0605 240mm film negative scale 1:1,000,000.....	90
0606 Additional* copy of 0605.....	68
0607 480mm print scale 1:500,000.....	83
0608 Additional* copy of 0607.....	70
0609 480mm film positive scale 1:500,000.....	142
0610 Additional* copy of 0609.....	117
0611 960mm print scale 1:250,000.....	142
0612 Additional* copy of 0611.....	117

BW RBV Images (per subscene)

Price (AU)

0901 240mm print.....	57
0902 Additional* copy of 0901.....	38
0903 240mm film positive.....	68
0904 Additional* copy of 0903.....	45
0905 240mm film negative.....	90
0906 Additional* copy of 0905.....	68
0907 480mm print.....	83
0908 Additional* copy of 0907.....	70
0909 480mm film positive.....	142
0910 Additional* copy of 0909.....	117
0911 960mm print.....	142
0912 additional* copy of 0911.....	117

MSS colour composites

Price (AU)

(bands 4-5-7 or 4-6-7: Landsat 1-2-3)
(bands 1-2-4 or 1-3-4: Landsat 4-5)

1001 240mm print, full price.....	150
1002 240mm print, reduced price**.....	126
1003 240mm film positive, full price.....	237
1004 240mm film positive, reduced price**.....	142
1005 480mm print, full price.....	285
1006 480mm print, reduced price**.....	190
1007 960mm print, full price.....	379
1008 960mm print, reduced price**.....	283

* The price = additional copy = applies to additional copies of a product ordered at the same time of the first copy. It also applies to different photographic product types of an identical scene ordered at the same time. In this case only the first extensive product will be invoiced at full price (e.g. a colour composite). All

Price list of Earthnet Standard products - 1987

Validity: 1st January - 31st December 1987

Invoicing: Users within the Member States of ESA will be invoiced in their national currency at the official ESA exchange rate at the time of invoicing. Users outside the Member States will be invoiced in US dollars at the rate of 1 AU = 0.96161 US \$ (1987 conversion rate).

Note: For technical reasons the list of products can be modified by Earthnet without notice.

LANDSAT TM-MSS-NDV data

Refer to 1986 price list until further notice

Price (AU)

1407	480mm print.....	257
1408	additional* copy of 1407.....	204
1409	480mm film positive.....	355
1410	additional* copy of 1409.....	303
1411	960mm print.....	355
1412	additional* copy of 1411.....	303

Colour composites (quarter scene)***

all band combinations available

1501	240mm print.....	450
1502	240mm film.....	560
1503	480mm print.....	658
1504	960mm print.....	860

B/W Images (full scene)

1601	240 mm print.....	375
1602	additional* copy of 1601.....	80
1603	240 mm film positive.....	426
1604	additional* copy of 1603.....	90
1605	240 mm film negative.....	534
1606	additional* copy of 1605.....	142
1607	480 mm print.....	560
1608	additional* copy of 1607.....	204
1609	480 mm film positive.....	620
1610	additional* copy of 1609.....	303
1611	960 mm print.....	820
1612	additional* copy of 1611.....	303

Colour composites (full scene)

all band combinations available

1701	240 mm print.....	1350
1702	240 mm film positive.....	1460
1703	480 mm print.....	1550
1704	960 mm print.....	1750

*** (1,2,3,4, corresponding to upper left, upper right, lower left, lower right)

* The price * additional copy * applies to additional copies of a product ordered at the same time of the first copy. It also applies to different photographic product types of an identical scene ordered at the same time. In this case only the

SEASAT-1 data

Digital products

Price (AU)

Raw data

2001	Non-SAR* Individual Sensor Data Records, up to 10 passes, different sensors and days, one CCT.....	146
2002	SAR (Synthetic Aperture Radar) CCT in CCPS-MDA format, 100km in range, 6 x 15 km in azimuth, set of 6 CCT.....	876

Processed data

2101	Sar Image CCT in family format, digitally processed, source DFVLR, 95 km in range, 74 km in azimuth, four looks, set of 4 CCTs, each about 25 km in range, 74 km in azimuth, per CCT.....	146
2102	SAR Image CCT in MDA format digitally processed, source DFVLR, 95 km in range, 40 km in azimuth, four looks, per CCT (no further raw processing).....	146
2103	SAR range compressed data CCT, digitally processed, source RAE, Area, number of looks, orientation and resolution variable, one CCT.....	146
2104	SAR final image CCT, digitally processed, source RAE, Area, number of looks, orientation and resolution variable, one CCT.....	146

Photographic products

From optical processing

2201	Survey processed SAR film - up to 1500mm long, 2 films containing four subswaths.....	75
2202	Full resolution SAR film - up to 1200mm long, 2 films containing four subswaths.....	75

From digital processing**

2301	240mm print - source DFVLR or RAE (DFVLR: 95 km in range, 74 km in azimuth or 60 km in range, 40 km in azimuth, RAE: covered area variable).....	29
2302	240mm film positive - source DFVLR or RAE.....	52
2303	240mm film negative - source DFVLR or RAE.....	52
2304	480mm print - source DFVLR.....	52
2305	480mm film positive or negative, source DFVLR.....	52

Microfiche Catalogue

2401	set of 14 microfiches containing the Catalogue and 305 SAR scenes - source DFVLR (80 x 40km).....	65
------	---	----

* Non-SAR: Altimeter, Scatterometer, Scanning Multichannel Microwave Radiometer, Visible Infrared Radiometer.

** When ordering photoproducts referring to data not yet processed digitally, add 584 AU (146 x 4) for DFVLR source data (95 x 74 km) and 146 AU as a minimum (depending on size of covered area) for RAE source data.

NIMBUS-7 CZCS data

(COASTAL ZONE COLOUR SCANNER)

Digital products

Price (AU)

Raw data

3001	Raw data CCT, TRLI (Treatement Racalage Lignes Images), all 6 channels, containing up to 4,16 min. of data within the acquired pass, CCT.....	146
------	---	-----

CRT (Corrected Radiance and Temperature) CCT, raw data of all 6 channels with radiometric correction tables and geometric location parameters, containing up to 2 min. of data per scene.

Note: The geographic area reproduced in the CRT is defined upon user indication of the starting-ending line of the satellite pass as it can be seen in the quick look, or upon indication of the geographic area co-ordinates. Data can be processed either using refined location information as received from NASA (LINES) or using predicted image location information for immediate distribution (LTNO).

3101	CRT ILTYES, one CCT with one scene (2 min.).....	146
3102	CRT ILTNO, one CCT with one scene (2 min.).....	146
3103	Copy of CRT from JFC archive (each tape may contain 1 or 2 or 3 scenes as 3101 processed by NASA).....	146
3104	CRT CCT with 2 scenes each being either as 3101 or 3102.....	235
3105	CRT CCT with 3 scenes each being either as 3101 or 3102.....	315

Image CCT

3201	CZCS image data corresponding to 1 CRT CCT, processed, using radiometric and simple atmospheric corrections, formatted and ready for transfer onto a film support.....	146
------	--	-----

Photographic products

Price (AU)

Quick-look print

3300	It reproduces one full acquisition, 3 channels (1,5 and 6). The image is tagged with time information.....	6
------	--	---

CRT Image film

(generated from product 3201)

3401	240mm print.....	29
3402	240mm film positive.....	36
3403	240mm film negative.....	52

HCOMM data (HEAT CAPACITY MAPPING MISSION)

NOTE: due to the closure of Lannion HCOMM production chain, and the transfer of CCT data files to EFC, at the end of 1985, only copies of existing data products (raw or S/C) are available.

Digital products	Price (AU)
4401 Copy of archived HCOMM data and products, per CCT	146

NOTE: an archived tape contains one or more of the following products

- Raw data Day (VIS or IR) or Night (IR)
- Radiometrically corrected data
- Radiometrically and geometrically corrected data Day (VIS or IR) or Night (IR)
- Night IR pans registered on Day image
- Temperature difference images (Night IR minus Day IR)
- Thermal inertia Map computed from NID registered data as a function of temperature difference image.

NOTE: Each tape product of c) and b) contains up to 6 min. of data.
Each product of c), d), e), f) contains 2 min. of data corresponding to areas identified by numbers from 1 to 7.
Each number refers to different ranges of latitudes, as follows:

number	min. lat.	max. lat.
1	28.6	34.3
2	34.3	41.6
3	37.3	46.0
4	43.7	50.8
5	48.7	56.0
6	58.0	63.0
7	63.0	70.0

Metric Camera Images

	Price (AU)
5001 Set of microfiches (ASC 1)	44

The following products are made available through DFVLR

- BMW film 25 x 25cm DM 45 Colour film 25 x 25cm DM 130
- BMW print 25 x 25cm DM 40 Colour print 25 x 25cm DM 120
- BMW film 40 x 40cm DM 65 Colour film 50 x 60cm DM 330
- BMW print 50 x 60cm DM 62 Colour print 50 x 60cm DM 275

NOAA AVHRR/TOVS*** data

Digital products

SHARP (Standard HRPT*** Archive Request Product) CCT, raw data of all 5 AVHRR channels with radiometric correction tables and geometric location parameters, plus TOVS data, containing up to 4 minutes of data per scene.

NOTE: The geographic area reproduced in the CCT is defined upon user indication of the starting-ending line of the satellite pass as it can be seen in the quick look, or an indication of the geographic area coordinates. Data are processed using the best available orbital parameters up to 4 min. of data within the acquired pass, CCT in universal time format.

	Price (AU)
5532 CCT with one scene, up to 4 min. of data 1600 or 6250 bpl	146
5553 CCT with two scenes up to 4 min. of data per scene, 6250 bpl	235
5554 CCT with three scenes up to 4 min. per scene, 6250 bpl	315
5555 CCT with four scenes up to 4 min. of data per scene, 6250 bpl	400

Photographic products

Quick look print

5556 It reproduces one full acquisition, channels 2,3, and 4. The image is lagged with time information	6
--	---

*** Advanced Very High Resolution Radiometer/TIROS Operation Vertical
Scanner

**** High Resolution Picture Transmission

Product shipping charges
(airmail)

Products	Charge codes				
	5101	5102	5103	5104	5105
CCTs, per CCT	AU	6.-	13.-	36.-	64.-
					79.-
					132.-
240mm films or prints (per 1-7)	Charge codes				
	5201	5202	5203	5204	5205
	AU	4.-	8.-	10.-	18.-
					21.-
					33.-
480mm films or prints (per 1-4)	Charge codes				
	5301	5302	5303	5304	5305
	AU	6.-	7.-	12.-	17.-
					21.-
					32.-
960mm prints (per 1-4)	Charge codes				
	5401	5402	5403	5404	5405
	AU	6.-	13.-	28.-	40.-
					52.-
					80.-
Charge code key	Sweden (NOTE: no charges for deliveries from Kiluz Station to Kiluz area)				
	5101, 5201, 5301, 5401	=			
	5102, 5202, 5302, 5402	=	Europe		
	5103, 5203, 5303, 5403	=	Mediterranean Basin, North Africa		
	5104, 5204, 5304, 5404	=	Asia, Central and South Africa		
	5105, 5205, 5305, 5405	=	USA, Canada, Southern Africa		
	5106, 5206, 5306, 5406	=	Australia		

Product shipping charges
(airfreight)

Airfreight collect shipment of digital and photographic products - code 5407 -
is effected on request
Relevant charges are invoiced with products

METEOSAT data

	Price* (AU)	
	Cat. A	Cat. B
	Non-Rect. Rect.	Non-Rect. Rect.
Digital products		
6001	83	96
CCT 1600 with one full disk of 1 slot over 15th CCT	58	63
	28	36
6002	23	38
Add'l image file on above CCT	86	N/A
6003	56	64
Add'l windows of less than 1251 lines	5	5
6004	140	N/A
CCT 1600 bpt with one file of meteorological products over 15th CCT	140	N/A
Additional files, per file	5	5
6005	140	N/A
CCT 6250 bpt with ISCCP** data of real time windows	140	N/A
Photographic products		
7001	6	N/A
Print 20 x 20cm (from existing negative)	10	N/A
7002	40	47
Print 40 x 40cm (from existing negative)	46	53
7003	40	47
Negative 20 x 20cm	46	53
7004	40	47
Negative 40 x 40cm	46	53
Documentation		
8001	19	19
Image Bulletin	5	5
5550	5	5
Catalogue (per volume)	5	5
2 volumes/year	5	5
5551	5	7
Meteosat system guide	5	7

Category A: Users located in States participating to the Meteosat Operation
Programme

Category B: Users not belonging to Category A

* Including shipment by normal postal service

** International Satellite Cloud Climatology Project

